СОБРАНІЕ СОЧИНЕНІЙ

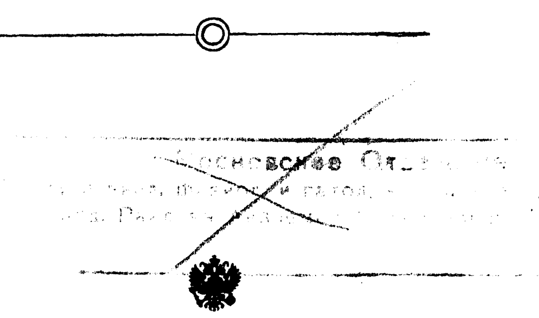
И. М. СѢЧЕНОВА.

ТОМЪ ПЕРВЫЙ.

Экспериментальныя изслѣдованія.

СЪ ПОРТРЕТОМЪ.

ИЗДАНІЕ ИМПЕРАТОРСКАГО МОСКОВСКАГО УНИВЕРСИТЕТА.



Типо-литографія Т-ва И. Н. КУШНЕРЕВЪ и Ко. Пименовская ул., соб. д.

МОСКВА—1907.

ОГЛАВЛЕНІЕ ПЕРВАГО ТОМА.

ПРЕДИСЛОВІЕ.

Совѣтъ Императорскаго Московскаго университета въ засѣданіи своемъ 14 февраля 1906 года, въ цѣляхъ увѣковѣченія памяти профессора И. М. Сѣченова, постановилъ между прочимъ издать на счетъ университета собраніе сочиненій И. М., предоставивъ все изданіе, по его выходѣ, въ распоряженіе вдовы покойнаго. Редакцію этого изданія постановлено было поручить особо избранной для того комиссіи въ составѣ проф. М. А. Мензбира, проф. Л. З. Мороховца и прив.-доц. М. Н. Шатерникова.

Въ виду того, что, съ одной стороны, полное собраніе трудовъ И. М. Сѣченова значительно превысило бы опредѣленный Совѣтомъ объемъ изданія и что, съ другой стороны, И. М. неоднократно высказывался (какъ по отношенію къ себѣ, такъ и по отношенію къ другимъ) противъ перепечатыванія въ посмертныхъ изданіяхъ всего когда-либо опубликованнаго тѣмъ или инымъ авторомъ,—комиссія, приступивъ къ исполненію возложеннаго на нее Совѣтомъ порученія, прежде всего должна была опредѣлить тѣ труды, которые имѣли быть включены въ настоящее изданіе. Эта задача была облегчена комиссіи самимъ И. М—чемъ, собравшимъ и подготовившимъ къ печати при жизни тѣ изъ своихъ спеціальныхъ работъ, которыя онъ желалъ бы помѣстить въ посмертномъ изданіи. Эти работы, касающіяся физіологіи центральной нервной системы, дыханія и газовъ крови, а также изслѣдованія надъ поглощеніемъ газовъ солями растворами, были въ свое время напечатаны большею частью на нѣмецкомъ языкѣ. Всѣ онѣ переведены и отчасти переработаны для посмертнаго изданія самимъ И.

М—чемъ и включены комиссіей въ составъ I-го тома. Единственнымъ добавленіемъ, сдѣланнымъ комиссіей, является статья „Къ вопросу о вліяніи раздраженія чувствующихъ нервовъ на мышечную работу человѣка". Комиссія руководствовалась при этомъ тѣмъ соображеніемъ, что въ означенной статьѣ изложены методика и результаты послѣдней экспериментальной работы И. М—ча. Въ качествѣ дополненія комиссія рѣшила приложить къ I-му тому „Очеркъ рабочихъ движеній человѣка", изданный подъ редакціей И. М—ча незадолго до его кончины.

Такимъ образомъ, содержаніе I-го тома вполнѣ соотвѣтствуетъ, по мнѣнію комиссіи, волѣ и желанію Ивана Михайловича.

Что касается 2-го тома, то въ его составъ комиссіей включены всѣ психологическіе трактаты И. М—ча.

Если экспериментальныя работы И. М—ча составили ему почетное европейское имя среди ученыхъ, то широкимъ кругамъ русскаго общества имя Сѣченова извѣстно главнымъ образомъ благодаря его психо-физіологическимъ статьямъ. Комиссія сочла необходимымъ собрать воедино всѣ эти статьи, печатавшіяся преимущественно въ повременныхъ изданіяхъ, и дать такимъ образомъ читателямъ возможность вполнѣ ознакомиться съ міросозерцаніемъ такого выдающагося и оригинальнаго мыслителя, какимъ былъ покойный И. М. Сѣченовъ.

Члены комиссіи: *М. А. Мензбиръ.*
Л. З. Мороховецъ.
М. Н. Шатерниковъ.

Москва, май 1907 г.

Списокъ трудовъ Ивана Михайловича Сѣченова [1].

1) Einiges über die Vergiftung mit Schwefelcyankalium.
Virchow's Arch. f. path. Anat. u. Physiol. XIV 1858

2) Beiträge zur Pneumatologie des Blutes.
Sitzgsber. der Wien. Akad. mat. naturwiss. Cl. XXXVI 1859
То же. Zeitschrift f. rat. Med. (3. R.) Bd. X. 1861.

3) Ueber die Fluorescenz der durchsichtigen Augenmedien beim Menschen und einigen anderen Säugethieren.
Gräfe's Arch. f. Ophtalm. Bd. V. Abth. 2 1859

4) Матеріалы для будущей физіологіи алкогольнаго опьяненія.
Диссерт. на степень д-ра медицины. Спб. 1860

5) Pneumatologische Notizen.
Zeitsch. f. ration. Medic. (3 R.) Bd. X 1861

6) Лекціи о животномъ электричествѣ. Военно-медицинскій журналъ. 1861
То же отдѣльнымъ изданіемъ. 1862.

7) Перерѣзка нерва, какъ условіе наростанія его раздражительности.
Медицин. Вѣст. №№ 33 и 34 1861

8) Растительные акты въ животной жизни.
Мед. Вѣст, №№ 26 и 28. 1861

9) Eine neue Methode die mittlere Grösse des Blutdruckes in den Arterien zu bestimmen
Zeitschrift f. rationelle Medicin (3 R.) Bd. XII 1861

10) Note sur les modérateurs des mouvements réflexes dans le cerveau de la grenouille (présentée par M. Bernard).
Comptes rendus de l'Acad. d. scien. LVI. 50—53, 185—187 . . . 1863

---

[1]) И. М—чъ не оставилъ перечня своихъ трудовъ; печатаемый здѣсь списокъ, какъ и ранѣе опубликованные при некрологахъ (Отчетъ Москов. унив. за 1905 г. и Le Physiologiste Russe. Vol. IV), составленъ мною.

М. Шатерниковъ.

11) Études physiologiques sur les centres modérateurs des mouvements réflexes dans le cerveau des grenouilles.

Annales des sciences naturelles. XIX. 109 1863

То же на нѣм. яз.: Physiologische Studien über die Hemmungsmechanismen für die Reflexthätigkeit des Rückenmarkes im Gehirne des Frosches. Berlin. 1863.

То же на рус. яз.: Изслѣдовввіе центровъ, задерживающихъ отраженныя движенія въ мозгу лягушки. Медицинскій Вѣстн. №№ 1, 2 и 3. 1863.

12) Прибавленіе къ ученію о нервныхъ центрахъ, задерживающихъ отраженныя движенія. Медицинскій Вѣстникъ №№ 34 и 35 1863

13) Рефлексы головного мозга.

Медицинскій Вѣстникъ. №№ 47 и 48 (въ приложеніи) 1864

14) Редакція и дополненіе перевода учебн. Германа «Основы физіологіи». Спб 1864

15) Новое прибавленіе къ ученію о механизмахъ, задерживающихъ отраженныя движенія. Мед. Вѣст. № 15. . . . 1864

16) Neuer Apparat zur Gewinnung der Gase aus dem Blute.

Zeitsch. f. rat. Med. (3 R.) Bd. XXIII 1864

То же на русск. яз.: Аппаратъ для добыванія газовъ изъ крови. Мед. Вѣст. № 33. 1864.

17) Еще о центрахъ, задерживающихъ отраженныя движенія.

Мед. Вѣст. №№ 41 и 42 1864

18) Weiteres über die Reflexhemmungen beim Frosche.

Zeitschr. f. ration Med. (3. R.) Bd. XXIII 1864

19) Setschenow u. Paschutin: Neue Versuche am Hirn und Rückenmark des Frosches. Berlin. Hirschwald 1865

То же на русск. яз.: Сѣченовъ и Пашутинъ. Новые опыты надъ головнымъ и спиннымъ мозгомъ лягушки. Спб. 1865.

20) Ueber die erregende Wirkung des Blutes auf die cerebrospinalen Nervencentren des Frosches.

Centralbl. f. d. med. Wiss. № 17 1865

21) Ueber die Nervenbahnen, welche die vorderen und die hinteren Extremitäten des Frosches untereinander verbinden.

Centralbl. f. die medicin. Wissensch. №№ 52, 53 и 54 1865

22) Nachträgilcher Zusatz zur Frage über die Einrichtung des Froschrückenmarks.

Centralbl. f. d. medic. Wissensch. № 3 1866

23) Notiz, die Reflexhemmung betreffend.
Zeitsch. f. rat. Med. (3 R.) Bd. XXVI 1866

24) Редакція перевода учебн. физіологической химіи Кюне. Спб. 1866

25) Физіологія нервной системы. Спб. 1866

26) Рефлексы головного мозга.
2-е значит. дополн. изд. [1]) Спб. 1866

27) Физіологія органовъ чувствъ. Зрѣніе (передѣлка сочиненія Fick'a—Anatomie u. Physiol. d. Sinnesorgane). Спб. 1867

28) Ueber electrische und chemische Reizung der sensiblen Rückenmarksnerven des Frosches. Graz. 1868

То же на русскомъ яз.: Объ электрическомъ и химическомъ раздраженіи спинномозговыхъ нервовъ лягушки. Спб. 1868.

29) Ueber die Wirkung des alkoholischen Extracts des Cynoglossum officinale. Centralblatt f. d. medic Wissench. № 14 . . . 1868

Сюда же относится: Erklärung. Centralbl. f. d. medic. Wissensch. № 52. S. 832. 1870.

30) Физіологія растительныхъ процессовъ.
Вѣстникъ Европы №№ 10 и 12. 1870

31) Einige Bemerkungen über das Verhalten der Nerven gegen sehr schnell folgende Reize. Pflüger's Archiv f. d. ges. Physiol. Bd. 5 1872

То же на русск. яз.: Нѣсколько замѣчаній о дѣйствіи на нервы очень быстро слѣдующихъ другъ за другомъ раздраженій.
Записк. Новоросс. Общ. естествоисп. Т. I, вып. 1. 1872.

32) Замѣчанія на книгу г. Кавелина «Задачи психологіи».
Вѣстникъ Европы № 11 1872

33) Кому и какъ разработывать психологію. Вѣст. Евр. № 4. 1873

34) О связываніи угольной кислоты кровью.
Записк. Новор. Общ. естествоисп. т. II. вып. 1 1873

35) Setschenow u. Metschnikoff: Zur Lehre über die Vaguswirkung auf das Herz.
Centralbl. f. d. medic. Wisensch. № 11 1873

36) Weiters über die Vaguswirkung auf das Herz.
Centralbl. f. d. med. Wissensch. № 19 1873

---

[1]) 3-е изд. Рефлексовъ вошло вмѣстѣ съ замѣчаніями на книгу Кавелина и статьей „Кому и какъ разрабатывать психологію" въ „Психологическіе этюды". Спб. 1873. Этюды переведены на франц. яз.: Ivan Setchénoff. Études psychologiques traduites du russe par Victor Derély. Paris. C. Reinwald, Libraire. Edition 1884.

37) Ueber die Absorptionsverhältnisse der CO_2 durch schwache CNa_2O_3-Lösungen.
Centralbl. f. d. med. Wissensch. № 23 1873
То же на русск. яз.: О поглощенiи угольной кислоты щелочными жидкостями. Проток. Новор. Общ. естеств. 1873.

38) Локомоцiя у лягушки. Проток. Новор. Общ. естествоисп. 1873

39) Сѣченовъ и Репяховъ. Продолжительность рефлекторнаго возбужденiя съ бродящаго и симпатическаго нервовъ лягушки.
Проток. Новорос. Общ. естествоисп. 1873

40) Ueber die Absorptiometrie in ihrer Anwendung auf die Zustände der Kohlensäure im Blute.
Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 8 1874

41) Редакцiя перевода учебника физiологiи Функе. Спб. 1875

42) Ueber die Absorption der Kohlensäure durch Lösungen von neutralem phosphorsaurem Natron.
Centralbl. f. d. Wissen. № 3. 1875

43) О поглощенiи угольнаго ангидрида растворами солей.
Журн. русск. Физ.-Хим. Общ. т. VII. Отд. I. 1875

44) Ueber die Absorption der Kohlensäure durch Salzlösungen.
Mémoir. de l'Academ. des sciences de St.-Pétersbourg. VII Série. T. XXII, № 6. 1875

45) Notiz, die Reflexhemmenden Mechanismen betreffend.
Pflüger's Arch. f. d. ges Physiol. Bd. 10 1875

46) Переводъ учебника физiологiи Брюкке (совмѣстно съ другими русскими физiологами). Спб 1876

47) Die Kohlensäure des Blutes.
Centralblatt für d. med. Wissenschaft. № 35 1877
То же на русск. яз.: Поглощенiе углекислоты кровью.
Журналъ русскаго Ф.-Х. Общества, т. IX, отд. 1. 1877.

48) Объ элементахъ зрительнаго мышленiя (ауто ?) рефератъ публичныхъ лекцiй. Врачебн. Вѣдом. №№ 1, 15, 17, 19, 21 и 22. 1877

49) Вещества кровяной сыворотки, связывающiя углекислоту
Ж. р. Ф.-Х. Общ. т. X. Отд. 1. Вып. 2. 1878

50) О свертыванiи бѣлка въ пустотѣ.
Ж. рус. Ф.-Х. Общ. т. X. Отд. 1. Вып. 5. 1878

51) Элементы мысли. Вѣст. Европы №№ 3 и 4. 1878

52) О поглощенiи угольной кислоты соляными растворами и кровью. Спб 1879

53) Die Kohlensäure des Blutes.
Mém. de l'Acad. des sciences de St.-Pétersb. VII Série. T. XXVI, № 13. 1879

54) Данныя касательно рѣшенiя вопроса о поступленiи азота и кислорода въ кровь при нормальныхъ условiяхъ дыханiя и при колебанiяхъ воздушнаго давленiя книзу.
Рѣчь. Труды VI съѣзда русск. естествоиспытателей и врачей. . 1879

55) Die CO_2-bindenden Stoffe des Blutes.
Centralbl. f. d. med. Wissensch. № 21 1879

56) О веществахъ жидкой части крови и кровяныхъ шариковъ, химически поглощающихъ углекислоту.
Жур. рус. Физ.-Хим. Общ. т. XI. Отд. 1. Вып. 4 1879

57) Zur Frage über die Athmung in verdünnter Luft.
Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 22 1880

То же на рус. яз.: Къ вопросу о дыханiи разрѣженнымъ воздухомъ.—Врачъ №№ 21 и 22. 1880.

58) Ueber die O_2-Spannung in der Lungenluft unter verschiedenen Bedingungen. Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 22 . 1880

То же на рус. яз.: О напряженiи кислорода въ легочномъ воздухѣ при разныхъ условiяхъ. Врачъ № 43. 1880.

59) Законъ измѣненiя содержанiя и напряженiя кислорода въ легочномъ воздухѣ.
Ж. р. Ф.-Х. Общ. т. XII. Отд. 1. 1880

60) Zur Theorie der Lungenluftzusammensetzung.
Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 24 1881

61) Ученiе о несвободѣ воли съ практической стороны.
Вѣстникъ Европы № 1. 1881

62) Galvanische Erscheinungen an der cerebrospinalen Axe des Frosches. Vorläuf. Mitth.
Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 25. 1881

63) Hemmung spontaner Stromesschwankungen an dem verlängerten Marke des Frosches.
Centralbl. f. d. med. Wissensch. № 11 1882

64) Galvanische Erscheinungen an dem verlängerten Marke des Frosches. Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 27 1882

То же на рус. яз.: Гальваническiя явленiя на продолговатомъ мозгу лягушки. Врачъ, № 45. 1882.

65) Notiz über den Nierenblutkreislauf.
Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 31 1883
То же на русскомъ языкѣ: Замѣтка о почечномъ кровообращеніи. Врачъ № 6. 1883.

66) Новая форма кровяного насоса. Врачъ № 18 1883

67) Notiz über die Ausgleichung des Schliessungs- und Oeffnungsinductionsschläge. Pflüger's Arch. f. d. ges. Phys. Bd. 31 . 1883
То же на рус. яа.: О выравниваніи индукціонныхъ ударовъ, Врачъ, № 47. 1883.

68) Бѣглый очеркъ научной дѣятельности русскихъ университетовъ по естествознанію за послѣднее 25-тилѣтіе.
Вѣст. Европы, № 11. 1883

69) Физіологическіе очерки. Спб 1884

70) Нарастаніе коэффиціентовъ поглощенія углекислоты въ разжижаемымъ водою соляныхъ растворахъ, индифферентныхъ къ этому газу.
Жур. рус. Ф.-Х. Общ. т. XVIII. Отд. 1 1886

71) Ueber die Absorptionscoefficienten der Kohlensäure in den zu diesem Gase indifferenten Salzlösungen.
Mém. de l'Ac. des sciences de St.-Pétersbourg. VII série, T. XXXIV, № 3 1886

72). Переработка отдѣла о дыханіи въ руководствѣ „Практическій курсъ физіологіи“ Бурдонъ-Сандерсона. Спб 1887

73) Weiteres über das Anwachsen der Absorptionscoefficienten von CO_2 in den Salzlösungen.
Mém. de l'Academie des sciences de St.-Pétersbourg. VII série. T. XXXV, № 7 1887

74) Eine neue Trypsinprobe. Centralbl. f. d. med. Wissensch. № 27 1887

75) Редакція перевода съ англ. сочиненія Tait'a «Свойства матеріи». Спб 1887

76) О трипсинномъ пищевареніи.
Труды Спб. Общ. ест. т. XIX, отд. зоол. и физіол. 1888

77) О поглощеніи CO_2 растворами солей съ сильными кислотами.
Ж. р. Физ.-Хим. Общ. т. XX. Отд. 1. 1888

78) Ueber die Constitution der Salzlösungen auf Grund ihres Verhaltens zur Kohlensäure. Vorläuf. Mittheilung.
Zeitsch. f. physik. Chemie. IV. 1 1889

79) Ueber die Constitution der Salzlösungen auf Grund ihres Verhaltens zur Kohlensäure.

Nouveaux mémoires de la Soc. Imp. des Natural. de Moscou. T. XV. Livraison 6 1889

80) Впечатлѣнія и дѣйствительность. Вѣст. Европы № 5 . . 1890

То же. Труды физіол. Инст. Моск. Ун. т. V. вып. 1. 1896.

81) Физіологія нервныхъ центровъ. Спб. 1891

82) Analogien zwischen der Auflösung von Gas und Salz in einer zu beiden indifferenten Salzlösung.

Zeitschr. f. physikal. Chemie. VIII. 6 1891

То же на рус. яз.; 1) Бюлл. Общ. Исп. Пр. въ Москвѣ № 1. 1892. 2) Труды физіол. инст. Моск. Ун. т. V. вып. 1. 1896.

83) Предметная мысль и дѣйствительность.

Сборн. въ помощь голодающимъ. Москва. 1892

84) О щелочахъ крови и лимфы.

Bull. de la Soc. Imp. des Natural. de Moscou, № 3 1892

То же. Труды физіол. Инст. Моск. Ун. т. V. вып. 1. 1896.

85) Action de l'acide carbonique sur les solutions des sels à acides forts. Etude absorptiométrique.

Annales de Chimie et de Physique. T. XXV, p. 226 1892

86) Резюме работы съ поглощеніемъ CO_2 индифферентными къ ней соляными растворами.

Труды Отд. физич. наукъ И. О. Л. Е. А. и Э. Т. V. 1893

87) О предметномъ мышленіи съ физіологической точки зрѣнія.

Рѣчь на Общ. собр. IX съѣзда русс. естествоисп. и врачей 4 янв. 1894. Напечатано въ Русской Мысли 1894

88) Редакція перевода съ нѣмецкаго соч. Розенберга.

„Очеркъ исторіи физики". Часть 1-я въ 1883 г., 2-я въ 1886 г., 3 ч. 1 вып. 1892 г., 3 ч. 2-й вып 1894

89) Германъ ф. Гельмгольцъ, какъ физіологъ.

Рѣчь въ засѣд. Импер. Общ. Люб. Е. А. и Э. 16 ноября 1894. Русская Мысль 1894

90) Setschenow u. Schaternikoff. Ein Beitrag zur Gasanalyse.

Zeitsch. für physik. Chemie. XVIII. 4 1895

То же по-русски: Сѣченовъ и Шатерниковъ. Приборъ для быстраго и точнаго анализа газовъ. Труды физіол. Инст. Москов. Унив. Т. V, вып. 1. 1896. и—Журн. рус. Физ.-Хим. Общ. Т. XXXVIII. Отд. 1. 1896.

91) Редакція перевода «Происхожденіе человѣка и половой подборъ» Дарвина въ изданіи Поповой. Спб. 1896

92) Zur Physiologie der Schnecke.
Comptes-rendus du XII Congrès internat. de Médecine. Moscou . 1897

93) Переводъ учебника патологіи вещественнаго обмѣна ф. Ноордена. Москва 1897

94) Физіологическіе очерки. 2-е значительно дополненное изданіе Поповой въ 2-хъ частяхъ. 1898

95) О дѣятельности Гальвани и Дю-Буа-Реймона въ области животнаго электричества.
Рѣчь въ засѣд. Отд. Физіол. Общ. Люб. Е. А. и Э. Труды физіол. Инст., т. V, вып. 3. 1899

96) Участіе нервной системы въ рабочихъ движеніяхъ человѣка.
Популярная статья въ журналѣ Народное Благо (?). 1900

97) Setchenow u. Schaternikoff. Ein portativer Athmungsapparat.
Le Physiologiste russe. Vol. II. №№ 21—25 1900

98) Участіе органовъ чувствъ въ работѣ рукъ у зрячаго и слѣпого.
Сборникъ въ помощь евреямъ, пострадавшимъ отъ неурожая. Москва 1901

99) Ein Zusatz zu dem Artikel «Inhibition» von S. I. Meltzer. im New-York Medical Journal. 1899.
Le Physiologiste russe. Vol. II 1901

100) Очеркъ рабочихъ движеній человѣка. Москва. . . . 1901

101) Элементы мысли (прежняя статья, исправленная и значительно дополненная) изд. журнала Научное Слово. 1903

102) Zur Frage nach der Einwirkung sensitiver Reize auf die Muskelarbeit des Menschen.
Le Physiologiste russe. Vol. III 1903

103) Ueber die Absorption der Kohlensäure durch Salzlösungen (сводка прежнихъ работъ по этому вопросу съ прибавленіемъ новыхъ замѣчаній и выводовъ передана проф. М. А. Мензбиру для напечатанія въ бюллетеняхъ Общ. Испыт. Прир. самимъ И. М-чемъ за мѣсяцъ до кончины). Bull. des Natur. de Moscou. № 1, 2 и 3. 1905

104) Къ вопросу о выхожденіи CO_2 изъ крови при дыханіи путемъ диффузіи (оставлена въ рукописи и появляется въ оригиналѣ въ настоящемъ изданіи), напечатана въ переводѣ на нѣмецк. языкъ: Zur Frage nach der Kohlensäurediffusion aus dem Blut beim Atmen. Le Physiologiste russe. Vol. IV 1906

105) Автобіографія оставлена въ рукописи.

Къ вопросу о газахъ крови.

(Beitr. z. Pneumatol d. Blutes.

Stzb. d. math.-naturwiss. Classe d. Kais. Wiener Akad.

Bd. XXXVI. 1859.)

По вопросу о поглощеніи кислорода кровью многое уже сдѣлано. *Л. Мейеръ*, въ его общеизвѣстной прекрасной работѣ «Ueb. die Gase d. Blutes» показалъ, что это явленіе далеко не слѣдуетъ закону *Дальтона*, совершается въ извѣстныхъ предѣлахъ почти независимо отъ давленія и зависитъ лишь отъ состава крови. Дальнѣйшіе шаги сдѣланы *Ферне* (Du rôle des princ. éléments du sang dans l'absorption ou le dégagement des gaz de la réspir. Ann. d. sc. nat. IV série. T. 8. 1857): онъ разложилъ кровь на двѣ главныя составныя части и опредѣлилъ опытами участіе каждой изъ нихъ въ величинѣ поглощенія кислорода. Если къ этому прибавить, что оба изслѣдователи построили абсорпціометры, дающіе довольно важные результаты [1]), то можно было бы думать, что обѣими работами даны средства вѣрно опредѣлить величины поглощенія кислорода кровью въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ. Однако попытки обоихъ изслѣдователей въ этомъ направленіи кончились неудачей. *Ферне*, въ двухъ обнародованныхъ имъ опытахъ (l. c. p. 208), нашелъ эту величину равной 12,37 и 12,36 объемовъ кислорода на 100 объемовъ крови, а добытое имъ количество O_2 изъ артеріальной крови колебалось между 15,7 и 20 объем. на то же количество крови (p. 213). *Л. Мейеръ* остался результатомъ своихъ отвѣтовъ такъ недоволенъ (разъ онъ получилъ на 100 крови 9, другой разъ 20 объем. O_2), что

[1]) Такъ, *Л. Мейеръ* получилъ съ своимъ аппаратомъ для CO_2 въ водѣ числа близкія къ *Бунзеновскимъ*.

прямому опредѣленію этихъ величинъ предпочитаетъ косвенный способъ полученія кислорода изъ крови кипяченіемъ ея въ пустотѣ (Die Gase d. Blut. Götting. 1857. S. 56). Источниками ошибокъ прямого способа онъ считаетъ неполное выкачиваніе газа передъ абсорпціей, вхожденіе воздуха въ пріемникъ съ кровью и т. д. Но касательно перваго источника ошибокъ нельзя не замѣтить, что онъ присущъ въ той же и, пожалуй, даже въ большей степени и способу кипяченія крови въ пустотѣ. Второй же источникъ устранимъ тщательностью опыта, какъ показали его собственные результаты съ поглощеніемъ CO_2 водою.

Длинный рядъ опытовъ съ абсорпціометромъ *Л. Мейера* въ лабораторіи профессора *Людвига* далъ мнѣ возможность напасть на причину колебаній результатовъ *Л. Мейера*. Оказалось именно, что причина лежитъ не въ недостаткахъ абсорпціометра, а въ употреблявшемся способѣ освобождать кровь отъ газовъ передъ абсорпціей.

Въ названныхъ выше работахъ нѣтъ опредѣленныхъ указаній, какъ долго нужно выкачивать газы изъ крови. *Ферне* довольствуется тѣмъ, что получалъ съ своими жидкостями очень согласные между собою результаты. *Л. Мейеръ* принимаетъ разъ за правило продолжать выкачиваніе полчаса послѣ того, какъ кровь начала кипѣть крупными пузырями, другой разъ онъ продолжаетъ выкачиваніе много времени послѣ того, какъ кровь потеряла красный цвѣтъ. Легко однако понять, что подобныя показанія имѣютъ мало значенія, пока не показана температура, величина кипящей поверхности и отношеніе между объемомъ крови и емкостью пустого пространства. Притомъ же признаковъ, что кровь освободилась отъ газовъ, слѣдуетъ искать въ самой крови, и разъ такіе признаки найдены, вопросъ о величинѣ поглощенія кислорода кровью, получаетъ твердую основу. Полагаю, что этотъ признакъ былъ найденъ мною; но прежде чѣмъ говорить объ немъ, необходимо описать нѣсколько подробнѣе картину кипѣнія крови въ пустотѣ.

Оно сопровождается вначалѣ непрерывнымъ образованіемъ мелкой пѣны съ трудно лопающимися пузырями. Мало-по-малу пузыри становятся крупнѣе и жидкость менѣе вязкой; при этомъ кипѣніе, несмотря на продолжающуюся работу насоса, по временамъ останавливается, и нужно постороннее сотрясеніе, чтобы

вывести ее изъ покоя. Еще позднѣе образованіе пѣны прекращается, уступая мѣсто взрывчатому развитію пузырей пара, выталкивающихъ жидкость изъ пріемника въ лежащее надъ нимъ пустое пространство. Въ это время кровь представляетъ жидкость уже настолько подвижную, что смачиваетъ стѣнки сосудовъ лишь въ видѣ равномѣрнаго прозрачнаго слоя зеленаго цвѣта; но въ слою толщиною въ 2—3 см. все еще имѣетъ красноватый оттѣнокъ.

Долгое время я считалъ выкачанную такимъ образомъ кровь свободной отъ газовъ; но опыты съ нею давали мнѣ такія же величины поглощенія кислорода, которыя получались моими предшественниками. Нѣкоторые изъ этихъ опытовъ привожу ниже. Кровь бралась отъ собакъ изъ сонной артеріи. Выкачанная до сказаннаго предѣла, она принимала при взбалтываніи съ кислородомъ ярко-красный цвѣтъ. (См. табл. на стр. 4.)

Извѣстно, что для освобожденія крови отъ газовъ ее нужно согрѣвать по крайней мѣрѣ до температуры животнаго тѣла, и я согрѣвалъ ее до 35°—45°C.; но не зналъ, что кровь, еще невполнѣ освобожденная отъ газовъ, способна кипѣть безъ пѣны, какъ только упадетъ ея температура, и снова начинаетъ пѣниться, будучи вновь согрѣта. Узнавъ это, я сталъ кипятить до появленія какого-либо опредѣленнаго признака не въ характерѣ кипѣнія жидкости, а въ самой крови, и такимъ признакомъ оказалось потемнѣніе ея до совершенно чернаго цвѣта въ слоѣ отъ 2—3 см. [1]). Привожу опыты съ артеріальной кровью собаки, выкачанной такимъ образомъ.

	1 опытъ.		2 опытъ.		3 опытъ.		4 опытъ.	
	До погл.	Послѣ погл.	До погл.	Послѣ погл.	До погл.	Послѣ погл.	До погл.	Послѣ погл.
Об. крови.	76,021		71,27		69,564		67,73	
Наблюден. об. газа.	152,17	145,57	149,57	141,35	146,43	137,18	153,00	140,42
Темпер.	17,5° C.	17,5° C.	16,6° C.	16,8° C.	18,2° C.	18,3° C.	16,1° C.	16,2° C.
Давл.	0,6024	0,5359	0,4834	0,4069	0,5044	0,4315	0,4936	0,4397
Об. погл. газа при 0° и 1 М. д.	16,882		19,594		19,794		19,241	

[1]) Доказательство этому будетъ приведено ниже, стр. 10.

	1 опытъ.		2 опытъ.		3 опытъ.		4 опытъ.		5 опытъ.		6 опытъ.	
	До погл.	Послѣ погл.	До погл.	Послѣ погл.	До погл.	Послѣ погл.	До погл.	Послѣ погл.	До погл.	Послѣ погл.	До погл.	Послѣ погл.
Об. крови	67,815	67,815	62,918	62,918	73,299	73,299	83,767	83,767	71,131	71,131	67,255	67,255
Набл. об. газа . . .	142,65	139,46	133,88	129,37	150,67	146,68	124,44	118,54	132,11	128,00	138,93	135,56
Температура	15,9^0 C.	16^0 C.	11,4^0 C.	11,80^0 C.	19,25^0 C.	19,5^0 C.	19,75^0 C.	19,75^0 C.	18^0 C.	18^0 C.	18,6^0 C.	18,6^0 C.
Давл. въ М.	0,522	0,4865	0,4539	0,4079	0,5192	0,4792	0,4894	0,4249	0,4643	0,4213	0,5163	0,4783
Об. газ. при 0^0 и 1 М. д.	70,369	64,09	58,361	50,385	73,089	65,605	56,805	46,980	57,548	50,593	67,156	60,705
Вел. поглощ. на 100 об. кр.	9,259		12,359		10,21		11,49		9,777		9,59	

Нѣтъ сомнѣнія, что числа этой таблицы (см стр. 3) стоятъ ближе къ истиннымъ величинамъ поглощенія кислорода, чѣмъ числа моихъ предшественниковъ; однако я не рѣшаюсь утверждать, что это истинныя величины поглощенія, потому что въ этихъ опытахъ кровь послѣ взбалтыванія съ кислородомъ не принимала цвѣта артеріальной крови, а оставалась темно красной. Какая причина этому явленію, покажетъ будущее изслѣдованіе. Теперь же я могу лишь утверждать, что она не могла заключаться въ недостаточно энергичномъ взбалтываніи крови съ кислородомъ, потому что взбалтываніе производилось какъ въ прежнихъ опытахъ съ недостаточно освобожденной отъ газовъ кровью, которая принимала ярко-красный цвѣтъ. Кромѣ того два раза, по окончаніи опыта, я разнималъ пріемникъ крови отъ абсорпціометра и сильнѣйшимъ образомъ взбалтывалъ жидкость съ атмосфернымъ воздухомъ, и она все-таки не дѣлалась ярко-красной.

Какъ бы то ни было, но для полученія постоянныхъ результатовъ кровь приходится выкачивать очень долго, и этимъ вводится въ опредѣленіе величины поглощенія новый источникъ ошибокъ—болѣе или менѣе значительныя потери кровью воды. Въ моихъ опытахъ онѣ доходили до $^1/_{25}$ — $^1/_{15}$ взятаго объема крови. Насколько вліяетъ на величины поглощенія это обстоятельство, всего лучше покажетъ слѣдующій опытъ съ кислородомъ.

	Об. крови.	Об. газа при 0° и 1 М.
Передъ поглощ.	67,73	71,322
Послѣ поглощ.	63,64	58,291

Полученную величину поглощенія 13,031 можно отнести:

1) на объемъ крови послѣ освобожденія ея отъ газовъ, какъ дѣлаетъ *Л. Мейеръ*;

2) на взятый для опыта объемъ крови, не принимая въ расчетъ потерю воды, и

3) съ принятіемъ въ расчетъ этой потери.

Въ первомъ случаѣ получается на 100 об. крови число 20,476 большее чѣмъ нужно; а во второмъ случаѣ число—19,241, очевидно отличающееся отъ истиннаго на величину поглощенія кислорода водою, потерянною при выкачиваніи. Величину эту легко опредѣлить по даннымъ *Бунзена* (его Gasometr. Meth. S. 137,

Form. 2); въ нашемъ случаѣ она равна 0,026 O_2 (при 0^0 и 1М.). Съ этой поправкой на 100 об. крови получается величина поглощенія = 19,278.

Понятно, что относить нужно къ объему крови до выкачиванія газовъ.

Въ заключеніе привожу два опыта съ поглощеніемъ кровью азота. Газъ добывался изъ освобожденнаго отъ CO_2 и NH_3 атмосфернаго воздуха пропусканіемъ его черезъ раскаленныя мѣдныя стружки. Повѣрка на чистоту газа производилась въ абсорпціонной трубкѣ, пирогаллусовымъ щелокомъ, при чемъ не получалось ни сокращенія объема, ни измѣненія цвѣта жидкости. Кровь послѣ взбалтыванія съ газомъ тоже оставалась совершенно черной.

1-й опытъ.

	Об. кр.	Набл. об. газа.	Темп.	Давл.	Об. при 0^0 и 1 М.	
До поглощ. .	77,069	147,45	16,6° C.	0,4449	61,844	100 об. погл. 2,778 об. N.
Послѣ погл. .	77,069	146,36	16,8° C.	0,433	59,703	

2-й опытъ.

	Об. кр.	Набл. об. газа.	Темп.	Давл.	Об. при 0^0 и 1 М.	
До поглощ. .	65,748	161,46	18,4° C.	0,5353	80,975	100 об. кр. погл. при 520 мм. 4,71 об. N.
Послѣ погл. .	65,748	159,914	18,5° C.	0,5200	77,878	100 об. кр. погл. при 608,5 мм. 5,145 об. N.
Давл. усил. .	65,748	136,157	18,5° C.	0,6085	77,592	

При трудности опытовъ съ газами, поглощающимися въ ничтожныхъ количествахъ, за этими наиболѣе удачными было очень много не удавшихся; да и эти приведены съ единственной цѣлью подтвердить результаты *Магнуса*, нашедшаго въ артеріальной крови лошади 2—3% N, т.-е. количество, превышающее растворимость этого газа въ водѣ. Ниже, добывая газъ изъ свѣжей собачьей крови, я получилъ, правда, числа значительно меньшія (1,2—1,3% по об.); но разница эта объяснима тѣмъ, что кровь насыщается въ легкихъ азотомъ при 35°—40° C.

Итакъ, если сопоставить полученныя мною числа съ результатами *Ферне*, нашедшаго, что сыворотка поглощаетъ N, какъ вода, то выходило бы, что въ поглощеніи этого газа кровью участвуютъ и кровяные шарики.

2.

По желанію профессора *Людвига*, мною было предпринято опредѣленіе газовъ въ крови задушенныхъ животныхъ. Прежде всего нужно было усовершенствовать способъ добыванія газовъ изъ крови. Изъ имѣющихся на сей предметъ снарядовъ аппаратъ *Баумерта*, немного измѣненный *Л. Мейеромъ*, конечно наилучшій, такъ какъ онъ допускаетъ согрѣваніе крови, кипящей въ пустотѣ. Способъ этотъ безспорно очень простъ и удобенъ для полученія газовъ, растворенныхъ въ водѣ; но въ примѣненіи къ крови онъ представляетъ слѣдующія неудобства.

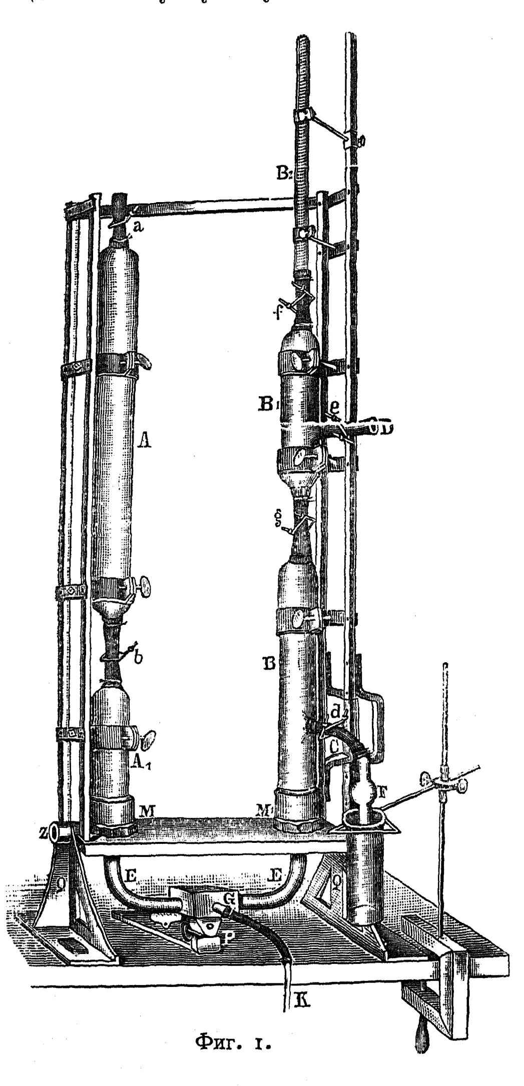
1. При малой емкости пустого пространства и невозможности возобновлять его, полное выдѣленіе газовъ изъ крови невозможно, хотя смѣшеніе ея съ водою и допускаетъ болѣе сильное согрѣваніе, чѣмъ до 40° С. Недостатокъ этотъ долженъ сказаться особенно сильно относительно выдѣленія CO_2, потому что кровь, какъ щелочная жидкость, не можетъ не связывать этого газа даже при очень слабыхъ напряженіяхъ послѣдняго. Устранить же недостатокъ нельзя ни увеличеніемъ пустого пространства, ни устраненіемъ смѣшенія крови съ водою: въ первомъ случаѣ аппарату пришлось бы дать громадные размѣры а во второмъ, собираніе газовъ было бы невозможно изъ-за наполненія пустого пространства пѣною кипящей крови.

2. Кромѣ того, способъ не давалъ бы никакого критерія для суда, освобождена ли кровь отъ газовъ вполнѣ или нѣтъ.

На этихъ основаніяхъ я предложилъ профессору *Людвигу* положить въ основу кровяного насоса Торичелліеву пустоту, вслѣдствіе легкости ея возобновленія; такой аппаратъ и былъ выстроенъ во всѣхъ деталяхъ по указаніямъ профессора *Людвига*.

Существенную часть снаряда (см. фиг. *1*) составляетъ вертикально стоящая U-образная трубка $AA_1EEBB_1B_2$, нижняя изогнутая часть которой *EE* сдѣлана изъ чугуна, а вертикальныя колѣна состоятъ изъ связанныхъ между собою каучукомъ стеклянныхъ трубокъ A, A_1, B, B_1, и B_2. Нижнія трубки A_1 и B вмазаны въ желѣзные цилиндры M и M_1, а эти ввинчиваются въ чугунную трубку *EE*, съ ея выводной трубкой *G*, связанной каучукомъ съ стеклянной трубкой *K*, длиною около 760 мм. Всѣ каучуковыя трубки, служащія соединительными звеньями между частями сна-

ряда, суть толстостѣнныя трубки, вываренныя въ салѣ и держащія поэтому пустоту. Каждая изъ нихъ снабжена Мейеровскимъ зажимомъ (a, b, d, g, e, f). Трубки лѣваго колѣна (A и A_1) служатъ отчасти для наполненія аппарата ртутью, главнымъ же образомъ для сдавливанія вышедшаго изъ крови газа. Полости нижней и средней трубки (*B* и B_1) лѣваго колѣна представляютъ во время опыта пустоту; а верхняя трубка B_2, съ дѣленіями на миллиметры представляетъ собирателя газа. Поперечный отростокъ D трубки B_1 служитъ, какъ увидимъ, для наполненія праваго колѣна ртутью; а такой же отростокъ *C* въ трубкѣ *B*—для соединенія кровяного пріемника *F* съ аппаратомъ. Штативомъ поддерживающимъ всю эту систему, служитъ, какъ показываетъ фиг. 1, желѣзная рама, въ основаніе которой вдѣлана изогнутая чугунная трубка EE съ гнѣздами, въ которыя ввинчены металлическія оправы трубокъ A_1 и *B*; а вертикальныя стойки рамы служатъ, какъ это ясно изъ фигуры, для поддержки стеклянныхъ трубокъ. Существенную сторону



Фиг. 1.

того штатива составляетъ то, что онъ подвиженъ въ прикрѣпленныхъ къ столу устояхъ *QQ* около горизонтальной оси *Z* и можетъ быть приводимъ опрокидываніемъ назадъ (за плоскость бумаги) болѣе чѣмъ въ горизонтальное положеніе, что, какъ сейчасъ увидимъ, необходимо для наполненія верхней половины праваго колѣна ртутью. Въ вертикальномъ положеніи рама удерживается очень простой запоркой *P* подъ серединой трубки *EE*.

Абсолютные и относительные размѣры аппарата опредѣляются слѣдующимъ.—Емкость кровянаго пріемника *F*, калибрированнаго до дѣленій въ миллиметрахъ на шейкѣ, нѣсколько превышаетъ 100 куб. см. Полости трубокъ B и B_1 въ 4—5 разъ больше; полость газового пріемника B_2 55 куб. см. Верхъ трубки A_1 на нѣсколько сантиметровъ выше поперечнаго отростка *B*, съ которымъ связывается кровяной пріемникъ; верхъ трубки *A* выше зажима *f*, находящагося между трубками B_1 и B_2. Длина выводной трубки GK, нижній конецъ которой кончается каучуковой трубкой съ зажимомъ, нѣсколько болѣе 760 мм.

Теперь я опишу всѣ послѣдовательныя операціи опыта, начиная съ полученія крови отъ задушаемаго животнаго (процедура полученія ея отъ нормальнаго животнаго та же).

Прежде всего кровяной пріемникъ, съ навязанной на его свободный конецъ каучуковой трубкой и зажимомъ, наполняется ртутью и опрокидывается въ ртутную ванну; затѣмъ изъ канюли, ввязанной въ сонную артерію, кровь начинаетъ выпускаться въ моментъ, когда роговая оболочка собаки только что перестаетъ быть чувствительной на прикосновеніе. Какъ только кровь вытолкала изъ канюли воздухъ, конецъ ея подводится подъ ртутью подъ кровяной пріемникъ и кровь собирается въ немъ до той или другой черты шейки. Послѣ этого каучуковая трубка запирается зажимомъ; объемъ крови считывается; и она дефибринируется сильнымъ взбалтываніемъ съ оставшейся въ пріемникѣ ртутью. Послѣ этого пріемникъ навязывается его каучуковой трубкой на поперечный отростокъ трубки *B*. За этимъ, при закрытомъ зажимѣ на нижнемъ концѣ выводной трубки *GK* начинается наполненіе аппарата ртутью черезъ *A*, но лишь наполовину—настолько, чтобы ртуть, наполнивъ обѣ нижнія трубки A_1 и *B*, равно какъ выводную *GK*, зашла въ правомъ колѣнѣ въ трубку B_1. Послѣ этого запираются зажимы *a*, *b*, *g*; рама опрокидывается назадъ и

черезъ поперечный отростокъ трубки B_1 въ нее и въ газовый пріемникъ вливается ртуть. Подниманіемъ и опусканіемъ рамы (нѣсколько разъ) изъ B_2 выгоняются воздушные пузыри, и, какъ только это достигнуто, зажимъ *f* и зажимъ на поперечномъ отросткѣ трубки B_1 запираются и аппаратъ приводится въ отвѣсное положеніе. Если теперь погрузить нижній конецъ выводной трубки *GK* въ ртуть и открыть ея нижній зажимъ, то сначала въ трубкахъ B_1 и *B*, а потомъ и въ *A* образуется пустота и въ ней собирается введенный въ аппаратъ вмѣстѣ съ ртутью воздухъ. Выгоняется же онъ сначала ртутью изъ *A*, въ стоячемъ положеніи аппарата, потомъ подливаніемъ ртути въ трубку B_1 черезъ ея поперечный отростокъ, въ лежачемъ положеніи снаряда.

Когда, такимъ образомъ, аппаратъ наполненъ безъ воздуха ртутью она выпускается изъ выводной трубки, при закрытыхъ зажимахъ *b* и *f*; образующуюся въ B_1 и *B* пустоту заводятъ ниже поперечнаго отростка трубки *B*; открываютъ зажимъ, запиравшій кровяной пріемникъ, и кровь съ силой врывается въ пустоту. Какъ только кипѣніе затихнетъ, нужно прежде всего вернуть въ пріемникъ выступившую изъ него кровь. Съ этой цѣлью открывается осторожно зажимъ *b* и вливающеюся въ A_1 ртутью уровень ея въ *B* доводится до поперечнаго отростка. Если при этомъ кровяной пріемникъ охлаждается, то въ него возвращается вся выступившая въ *B* кровь. Тогда зажимъ кровяного пріемника запирается и начинается сдавливаніе газа въ трубкахъ *B* и B_1 ртутью изъ *A*, гдѣ уровень ея долженъ стоять выше зажима *f*. Осторожнымъ отпираніемъ послѣдняго газъ переводится въ B_2. Теперь аппаратъ опять наполненъ ртутью; слѣдовательно только что описанный рядъ операцій повторяется во 2-й, 3-й и т. д. разъ, пока наконецъ не прекратится выдѣленіе газовъ изъ крови.

Въ первой половинѣ этой работы было сказано, что признакомъ свободной отъ газовъ крови служитъ ея черный цвѣтъ въ толстомъ слоѣ и прибавлено, что доказательство этому будетъ приведено въ опытахъ полученія газовъ изъ крови. Доказательство заключается въ томъ, что когда въ этихъ опытахъ видимо для глазъ прекращается выдѣленіе газовъ изъ крови, она становится въ толстомъ слою черна какъ деготь.

Вторую половину опыта составляетъ полученіе изъ крови хи-

мически связанной угольной кислоты. Съ этой цѣлью необходимо замѣнить газовый пріемникъ и трубку B_1 новыми соотвѣтственными частями—трубку B_1 по той причинѣ, что въ ней, по переведеніи остатковъ газа въ B_2, всегда остается нѣкоторое количество крови, слѣдовательно, по снятіи B_2 вошедшій въ нее воздухъ вводилъ бы въ опытъ ошибку. Поэтому поступаютъ такъ: прежде чѣмъ снять газовый пріемникъ, образуютъ въ B_1 и верхней части B пустоту, при замкнутомъ зажимѣ d; даютъ крови стечь въ трубку B; запираютъ зажимъ g; замѣняютъ трубки B_1 и B_2 новыми соотвѣтственными частями, и наполняютъ ихъ черезъ отростокъ трубки B_1 ртутью (удаляя воздушные пузыри опрокидываніемъ и подниманіемъ рамы), послѣднюю, т. е. B_1, однако, не вполнѣ, ибо въ нее вливается (послѣ того какъ газовый пріемникъ уже разобщенъ отъ B_1) водный растворъ кислоты (виннокаменной). Засимъ каучуковая трубка поперечнаго отростка B_1 запирается зажимами, аппаратъ приводится въ вертикальное положеніе; образуется vacuum и пускается въ него кровь.

Легко замѣтить, что способъ полученія химически связанной угольной кислоты не безупреченъ: 1) теряется нѣкоторое количество крови [1]; 2) въ трубкѣ B_1 всегда остаются слѣды воздуха, такъ что мнѣ никогда не удавалось получить совершенно чистую CO_2.

Есть, однако, возможность устроить полученіе химически связанной CO_2 проще и безъ описанныхъ недостатковъ. Къ сожалѣнію, мысль эта пришла мнѣ въ голову уже поздно — при послѣднемъ опытѣ въ лабораторіи профессора *Людвига*. Нужно только составить газовый пріемникъ изъ двухъ лежащихъ другъ надъ другомъ и связанныхъ каучукомъ трубокъ. Верхняя абсорпціонная трубка служитъ для собиранія газа попрежнему; а трубка подъ нею—для химически связанной CO_2. Тогда можно обойтись безъ замѣны трубки B_1 новою. При этомъ небольшомъ измѣненіи въ способѣ остался бы только слѣдующій незначительный источникъ ошибокъ: когда послѣдняя порція газа пере-

[1]) Вытекающая, однако, отсюда ошибка крайне незначительна. Ниже мы увидимъ, что въ артеріальной крови собаки не болѣе 3% (объемныхъ) CO_2. Если слѣдовательно крови теряется 0,5 к. см., что скорѣе много, чѣмъ мало, то потеря газа не будетъ превышать 0,02 к. см., что лежитъ въ предѣлахъ ошибокъ наблюденія.

водится въ пріемникъ B_2, газъ этотъ сдавливается нѣсколько болѣе чѣмъ до атмосферы и находится въ соприкосновеніи съ небольшимъ количествомъ крови, поднимающимся при сдавливаніи по трубкѣ B_1; значитъ, при этомъ нѣкоторая часть газа вновь поглощается кровью. Какъ велика происходящая отсюда потеря, постараюсь показать на примѣрѣ, гдѣ всѣ условія нарочно преувеличены въ невыгодную сторону. Положимъ, въ трубкѣ B_1 собирается при сдавливаніи газа 1 к. см. крови; и пусть все это количество имѣетъ время насытиться CO_2 во время сдавливанія газа (длящагося 2′ — 3′). Если принять, что согрѣтая до 37^0 — 40^0 кровь поглощаетъ газъ объемъ на объемъ, то потеря составляла бы много-много 1 к. см. Такая потеря была бы чувствительна только въ отношеніи количества химически связанной CO_2.

Теперь привожу опыты съ кровью задушеннаго животнаго. Газъ анализировался во всѣхъ опытахъ по способу *Бунзена*.

1-й опытъ.

Объемъ крови = 101,4.

Раств. газы въ пріемн. Q.	Набл. об.	Темп.	Давл.	Об. при 0^0 и 1 М.
Послѣ высушиванія $Ca\,Cl_2$ . . .	53,552	15,2° C.	0,78073	39,606
Послѣ поглощенія CO_2	9,519	15,6° C.	0,66339	5,973
Въ эвдіом. мокр.	8,460	15,7° C.	0,57874	4,630
По введеніи H	26,512	16,1° C.	0,61032	15,280
Послѣ взрыва	21,322	16,1° C.	0,5820	11,746
Хим. связ. CO_2 въ пріемн. P.				
Послѣ высушив. $Ca\,Cl_2$	6,575	15,2° C.	0,7110	4,428 [1]
	O_2	N	Своб. CO_2.	Хим. св. CO_2.
Слѣдоват. 101,4 об. кр. содерж. .	1,178	4,795	33,633	4,428

2-й опытъ.

Объемъ крови = 99,991.

Раств. газы въ пріемн. Q.	Набл. об.	Темп.	Давл.	Об. при 0^0 и 1 М.
Послѣ высушиванія $Ca\,Cl_2$ . . .	41,573	16,2° C.	0,74979	29,411
Послѣ поглощ. CO_2	3,908	18° C.	0,3817	1,399

[1]) Послѣ поглощенія CO_2 шарикомъ K_2O въ трубкѣ осталось небольшое количество воздуха.

Переведенное въ эвдіометръ количество газа было такъ мало, что измѣрить его было невозможно. Взрыва отъ прибавленія нѣсколькихъ пузырьковъ H не произошло.

Хим. связ. CO_2.	Набл. об.	Темп.	Давл.	Об. при 0^0 и 1 M.
Въ пріемн. *P* газъ мокр.	5,285	16,2° C.	0,65881	3,286
	O_2	N	Своб. CO_2	Хим. св. CO_2.
99,991 крови содерж.	слѣды	1,399	28,012	3,286

3-й опытъ.

Объемъ крови = 102,7.

Свобод. газы.	Набл. об.	Темп.	Давл.	Об. при 0^0 и 1 M.
Пріемн. Q. Газъ мокр.	56,646	16,8° C.	0,76597	40,395
Послѣ поглощ. CO_2	3,514	19,1° C.	0,3696	1,213
Хим. связ. CO_2.				
Пріемн. P. Газъ мокр.	7,390	16,8° C.	0,5919	4,120

Ради пробы на O_2 въ абсорпціонную трубку былъ введенъ пирогалловый щелокъ—жидкость приняла буроватый цвѣтъ. Слѣдовательно:

	O_2	N	Своб. CO_2.	Хим. св. CO_2.
102,7 об. крови содерж.	слѣды	1,213	39,182	4,120

Въ этомъ и слѣдующемъ опытѣ былъ анализированъ, кромѣ того, легочный воздухъ задушеннаго животнаго [1]). Воздухъ изъ легкаго былъ взятъ вслѣдъ затѣмъ, какъ была собрана кровь. При этомъ старались получить весь легочный воздухъ, ради чего употребляли не только механическое сдавленіе грудной клѣтки, но и сдавливаніе легкаго ртуть черезъ проколъ грудной стѣнки. Изъ собраннаго такимъ образомъ надъ ртутью воздуха анализировалась часть и дала слѣдующіе результаты:

Легочн. возд.	Набл. об.	Темп.	Давл.	Об. при 0^0 и 1 M.
Мокр.	28,135	16,8° C.	0,76522	20,282
Послѣ поглощ. CO_2	23,357	17,1° C.	0,77859	17,114
Въ эвд. мокр.	19,322	17,2° C.	0,7631	13,871
Съ H	21,483	17,2° C.	0,7857	15,879
Взр. съ грем. газ.	22,134	17,3° C.	0,7604	15,828

Слѣд. 100 об. легочн. возд. содерж. . . $\begin{cases} CO_2 & 15,62 \\ N & 84,38 \\ O_2 & \text{слѣды.} \end{cases}$

---

1) W. Müller (Beitr. z. Resp. Ber. d. Wien Akad. Bd. XXXII. 1858) нашелъ, какъ извѣстно, лишь слѣды O_2 въ легочномъ воздухѣ задушеннаго животнаго; поэтому я имѣлъ право вводить столь ничтожное количество водорода.

4-й опытъ.

Объемъ крови=99,626.

Свобод. CO_2.	Набл. об.	Темп.	Давл.	Об. при 0° и 1 М.
Пріемн. Q. Газъ мокр.	69,110	17,6° С.	0,62624	40,66
Послѣ погл. CO_2	4,147	17,4° С.	0,49965	1,948

Слѣды O_2.

Связ. CO_2.				
Пріемн. Р. Газъ мокр.	3,209	17,6° С.	0,5590	1,685
	O_2	N	Своб. CO_2.	Связ. CO_2.
99,626 кр. содерж.	слѣды	1,948	38,712	1,685

Легочн. возд.	Набл. об.	Темп.	Давл.	Об. при 0° и 1 М.
Мокр.	27,316	17,6° С.	0,64324	16,507
Послѣ погл. CO_2	20,765	17,4° С.	0,73815	14,403
Въ эдв. мокр.	21,412	17,5° С.	0,64321	12,943
Съ Н	22,301	17,5° С.	0,6823	14,300

Взрыва нѣтъ.

100 об. возд. содерж. . . . { 12,746 CO_2; 87,254 N; слѣды O_2.

Въ приводимой ниже табличкѣ результаты высчитаны на 100 об. крови.

№	O_2	N	Своб. CO_2.	Связ. CO_2.	Все кол. CO_2.
1	1,161	4,728	33,168	4,366	37,534
2	Слѣды.	1,399	28,012	3,286	31,298
3	Слѣды.	1,181	38,152	4,011	42,163
4	Слѣды.	1,955	38,857	1,791	40,648

Числа этой таблицы ясно свидѣтельствуютъ, какъ жадно потребляется кислородъ животнымъ тѣломъ. — Задушеніе длится нѣсколько минутъ, и уже исчезаетъ весь кислородъ изъ крови и легочнаго воздуха. Съ другой стороны, полученныя для CO_2 числа представляютъ очень любопытную разницу съ числами для артеріальной крови нормальной собаки, полученными *Л. Мейеромъ.*

Для удобства сравненія я пересчиталъ его числа въ приводимой ниже табличкѣ на 1 М. давл., съ отнесеніемъ газовыхъ объемовъ на 100 об. крови.

№	O_2	N	Своб. CO_2.	Связ. CO_2.	Все кол. CO_2.
12 февраля 1	9,44	2,15	4,27	21,74	26,01
19 февраля 2	13,99	3,45	4,01	15,93	19,94
28 февраля 3	10,86	3,83	4,69	21,72	26,41

У Л. Мейера количество связанной CO_2 въ 4—6 разъ больше количества свободной; а по моимъ опытамъ оно въ 10 разъ (въ оп. 4 даже въ 20 разъ) меньше. Поэтому являлся вопросъ, зависитъ ли эта разница отъ разницы между кровью нормальнаго и задушеннаго животнаго, или отъ разницы способовъ.

Съ этой цѣлью были сдѣланы опыты съ нормальной артеріальной кровью.

1-й опытъ.

Объемъ крови = 99,626.

Свобод. газы.	Набл. об.	Темп.	Давл.	Об. при 0° и 1 М.
Пріемн. Q. Газъ мокр.	63,222	17° C.	0,75157	44,732
Послѣдн. порц. газа мокр. . . .	3,467	„	0,61655	2,012
Обѣ порц. въ Q.				
Послѣ погл. CO_2	22,863	13,2° C.	0,74231	19,189
Въ эвд. мокр.	10,050	15,7° C.	0,63132	6,00
Съ водород.	79,040	15,7° C.	0,763	57,031
Взр. съ грем. газомъ	60,838	15,7° C.	0,70134	40,350
Хим. связ. CO_2.				
Пріемн. P. Газъ мокр.	4,802	17° C°.	0,56057	2,534

99,626 об. арт. кр. содерж. . . { 15,001 O_2; 1,188 N; 30,555 своб. CO_2; 2,534 связ. CO_2.

2-й опытъ.

Объемъ крови = 103,424.

Свобод. газы.	Набл. об.	Темп.	Давл.	Об. при 0° и 1 М.
Въ Q мокр.	62,166	17,6° C.	0,7386	43,137
Посл. порц. газа въ R мокр. . .	7,091	»	0,6488	4,322
По неостор. вош. возд.	9,210	20° C.	0,606	5,290
Въ Q послѣ погл. CO_2	27,140	17,8° C.	0,67881	17,296
Въ R » » »	3,153	»	0,60731	1,797 [1])
Обѣ порц. перевед.				
безъ потери въ эвд. Мокр. . . .	12,100	17,8° C.	0,62808	7,134
Съ водород.	85,615	18° C.	0,72299	58,072
Взр. съ грем. газ.	60,570	»	0,6831	38,817
Хим. связ. CO_2.				
Въ пр. *P*. Мокр.	4,813	17,6° C.	0,5318	2,404

103,42 об. кр. содерж. . . . . {
16,973 O_2
1,242 N
29,244 своб. CO_2.
2,404 связ. CO_2.

На основаніи этихъ чиселъ, въ 100 об. артеріальной крови собаки содержится

	O_2	N	Свобод. CO_2.	Связ. CO_2.
По опыту 1	15,05	1,192	30,66	2,54
По опыту 2	16,41	1,20	28,27	2,32

Эти числа, которыхъ я къ сожалѣнію, по случаю отъѣзда изъ Вѣны, умножить не могъ, показываютъ, что разница между результатами *Л. Мейера* и моими лежитъ въ способѣ.

Чтобы еще болѣе удостовѣриться въ этомъ, я сдѣлалъ еще опытъ кипяченія крови въ меньшемъ по величинѣ пустомъ пространствѣ въ теченіе времени, предписанномъ *Л. Мейеромъ*. Анализъ полученнаго газа на CO_2 далъ на 100 об. крови, 5,3% этого газа, слѣдовательно такое же число, какъ полученныя *Л. Мейеромъ*. На этомъ основаніи можно утверждать съ большой вѣроятностью, что причина низкихъ чиселъ для CO_2 въ его опытахъ лежала въ сравнительно маломъ объемѣ пустого пространства.

---

[1]) Отсюда видно, что въ послѣдней порціи газа не чистая CO_2.

Изъ сопоставленія всѣхъ приведенныхъ въ этомъ изслѣдованіи опытовъ вытекаетъ:

1) Освобожденная отъ газовъ артеріальная кровь собаки способна, повидимому, поглощать нѣсколько больше O_2 противъ того количества, которое содержится нормально въ артеріальной крови.

2) Въ періодъ задушенія, когда исчезаютъ рефлексы съ тройничнаго нерва, но дыхательныя движенія и сердцебіеніе еще продолжаются, изъ крови исчезаетъ весь кислородъ, способный выходить при согрѣваніи крови въ пустоту.

3) Въ это время исчезаетъ также, по опытамъ *В. Мюллера*, весь O_2 изъ легочнаго воздуха, если пространство задушенія не превышаетъ объема легочной полости.

4) Вытѣсняемая изъ артеріальной крови согрѣваніемъ въ пустоту CO_2 превышаетъ въ 3—4 раза то количество, которое находили въ ней до сихъ поръ. Столь большое количество свободной CO_2, въ сравненіи съ небольшимъ обыкновенно содержаніемъ ея въ выдыхаемомъ воздухѣ, дѣлаетъ понятной быстроту выдѣленія этого газа изъ крови въ полость легкаго.

5) Кровь собаки содержитъ очень мало $Na_2 CO_3$; но такъ какъ CO_2 поглощается кровью не по закону *Дальтона*, она должна быть связана Na_2HPO_4.

6) Если позволительно сравнивать между собою содержаніе газовъ (полученныхъ одинаковымъ способомъ!) въ артеріальной крови нормальнаго и задушеннаго животнаго, то получается:

a) процентное содержаніе газовъ въ задушенной крови меньше чѣмъ въ нормальной.

b) азотъ и выдѣляемая изъ крови кислотами CO_2 не измѣняются при задушеніи;

c) въ задушенной крови увеличивается количество свободной CO_2, но въ меньшей пропорціи, чѣмъ убыль кислорода. Причина этому можетъ заключаться или въ выходѣ газовъ изъ крови, или въ томъ, что O_2 потребляется не только на образованіе CO_2.

7) У задушеннаго животнаго разница между содержаніемъ CO_2 въ легочномъ воздухѣ и въ крови очень значительна; соотвѣтствуютъ ли тѣмъ не менѣе эти величины равному напряженію CO_2 въ легочномъ воздухѣ и въ крови, можетъ показать лишь будущее изслѣдованіе.

О механизмахъ въ головномъ мозгу лягушки, угнетающихъ рефлексы спинного мозга.

(Physiol. Stud. üb. d. Hemmungsmechan. für d. Reflexthätigk. d. Rückenm. im Geh. d. Frosch. Berlin, 1863.)

Мысль, что изъ головного мозга исходятъ влiянiя способныя угнетать рефлексы, имѣла нѣкоторую опору въ экспериментальномъ фактѣ усиленiя рефлексовъ по отдѣленiи спинного мозга отъ головного [1]) и стала еще менѣе гадательной послѣ знаменитаго открытiя *Эд. Вебера*, впервые доказавшаго на бродящемъ нервѣ и сердцѣ существованiе въ нервной системѣ тормозящихъ влiянiй. Вслѣдъ за этимъ открытiемъ самъ *Веберъ* высказалъ мысль о возможности тормозящихъ влiянiй изъ головного мозга на спинной, опираясь на общеизвѣстный фактъ, что воля способна угнетать невольныя движенiя.

Мысль эта не нашла, однако, работниковъ, и шансъ воспользоваться ею выпалъ на мою долю.

Опыты могли быть сдѣланы только на лягушкѣ, такъ какъ она выноситъ послойное отдѣленiе головного мозга отъ спинного, съ сохраненiемъ спинно-мозговыхъ (кожно-мышечныхъ) рефлексовъ въ цѣлости. Самые же опыты, по смыслу дѣла, состояли въ измѣренiи силы (точнѣе легкости происхожденiя) кожно-мышечныхъ рефлексовъ при раздраженiи различныхъ частей головного и спинного мозга.

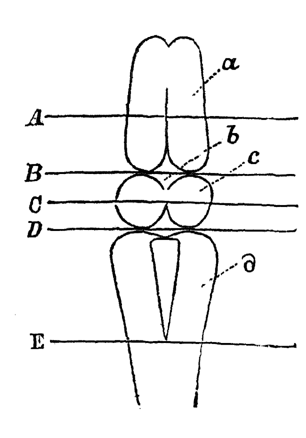
Измѣренiе силы рефлексовъ производилось по способу *Тюрка* (Ueb. d. Zustand der Sensibilität nach thelweiser Trennung d. Rückenm. 1850), т.-е. погруженiемъ лапки одной изъ заднихъ ко-

---

[1]) Это явленiе объяснялось впрочемъ и на иной ладъ: предполагалось, что отдѣленiемъ головного мозга отъ спинного съуживается сфера распространенiя по нервнымъ центрамъ тѣхъ импульсовъ съ периферiи, которые вызываютъ рефлексы, вслѣдствiе чего послѣднiе прiобрѣтаютъ въ силѣ.

нечностей въ слабый (еле кислый на вкусъ) водный растворъ сѣрной кислоты и опредѣленіемъ продолжительности времени, въ теченіе котораго лапка остается въ жидкости неподвижной. Время это измѣрялось у меня ударами метронома (100 удар. въ 1′).

Распространяться объ измѣрительномъ значеніи этого способа нѣчего, потому что самимъ *Тюркомъ*, съ одной стороны, доказана полная параллельность эффектовъ такого раздраженія съ тѣмъ, что даетъ механическое сжиманіе лапокъ; съ другой стороны было установлено (для еле кислыхъ на вкусъ растворовъ!), что рефлексъ наступаетъ, при прочихъ равныхъ условіяхъ, тѣмъ скорѣе, чѣмъ крѣпче растворъ или чѣмъ сильнѣе повышена отражательная дѣятельность нервныхъ центровъ. Руководствуясь этими данными, я приготовлялъ растворы для сравнительныхъ опытовъ слѣдующимъ образомъ: дѣлается растворъ ясно кислый на вкусъ и испытывается на лапкѣ (задней конечности) лягушки съ перерѣзанными поперечно полушаріями. Если рефлексъ наступаетъ (т.-е. лапка начинаетъ двигаться) черезъ 5—10 ударовъ метронома, то жидкость разбавляется водой для новой пробы и это повторяется до тѣхъ поръ, пока не получатся раза два-три числа бóльшія 5—10. Для всякой новой лягушки растворъ долженъ быть испытанъ такимъ образомъ. Послѣ всякаго погруженія лапки въ кислый растворъ, она должна оставаться въ водѣ нѣсколько минутъ. Опыты дѣлались исключительно на заднихъ конечностяхъ.



Фиг. 2.

Мѣста приложенія раздраженій къ головному мозгу обозначены на прилагаемомъ рисункѣ чертами *A* (перерѣзка полушарій, *a*); B (перерѣзка по зрительнымъ чертогамъ, *b*); *C* (перерѣзка по lobi optici, *c*); *D* (перерѣзка по верхней границѣ продолговатаго мозга, *d*); и E (перерѣзка подъ 4-мъ желудочкомъ).

I.

Эффекты перерѣзокъ мозга.

Перерѣзки спинно-мозговой оси на различныхъ высотахъ влекутъ непосредственно за собою, помимо возбужденія пораненныхъ частей, потрясеніе всей нервной системы, выражающееся такъ наз. прострацiей—болѣе или менѣе полнымъ преходящимъ параличомъ чувствительности и движеній. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ эффекты обоихъ вліяній настолько различны, что смѣшать ихъ другъ съ другомъ невозможно; но въ другихъ, и именно наиболѣе интересныхъ для насъ случаяхъ,—когда имѣется въ виду получить раздраженіемъ той или другой части мозга угнетеніе рефлексовъ—эффекты обоихъ вліяній одинаковы. Какъ же отличить ихъ другъ отъ друга? Очевидно, только при посредствѣ такихъ раздраженій, которыя не давали бы прострацiи.—Таковы, какъ увидимъ, химическое и очень слабое электрическое раздраженіе различныхъ частей мозга съ искусственно образованныхъ поперечныхъ разрѣзовъ. Поэтому здѣсь будутъ приведены лишь результаты, согласные съ тѣмъ, что даетъ химическое и электрическое раздраженіе.

Опытъ слѣдовало бы начинать измѣреніемъ рефлексовъ на животномъ съ непораненными центрами и, принявъ полученныя числа за норму рефлекторной способности даннаго животнаго, сравнивать съ ними числа при перерѣзкахъ мозга. Но на дѣлѣ это оказалось очень неудобнымъ по двумъ причинамъ: удерживать такихъ лягушекъ въ неизбѣжно необходимомъ для опытовъ покойномъ отвѣсномъ положеніи въ теченіе многихъ секундъ крайне трудно, да и числа отъ такихъ животныхъ получаются сильно колеблющіяся. Поэтому пришлось въ большинствѣ случаевъ брать за норму эффекты на лягушкахъ съ перерѣзанными гемисферами (по линіи А): животное тогда много спокойнѣе, перерѣзки не даютъ прострацiи и числа получаются болѣе ровныя.

Сначала приведу результаты опытовъ; потомъ примѣры.

1. *Перерѣзка полушарій*. Прострацiи нѣтъ; кровотеченіе незначительны; перерѣзывается только личная вѣтвь trigemini (Jcon. physiol. Экера). *Признаковъ угнетенія рефлексовъ нѣтъ.*

2. *Перерѣзка по зрительнымъ чертогамъ*. Прострація движеній длится 1′—2′; сильное кровотеченіе; перерѣзываются: ram. ophthal-

micus trigemini, trochlearis, oculomotorius и opticus позади chiasma. *Наиболѣе сильное и продолжительное* (сравнительно съ сходными эффектами изъ другихъ мѣстъ) *угнетеніе рефлексовъ.*

3. *Перерѣзка по lobi optici.* Сильное кровотеченіе. Признаки боли— сильныя движенія и иногда крикъ. *Угнетеніе рефлексовъ.*

4. *Перерѣзка по верхней границѣ продолговатаго мозга.*—Сильное кровотеченіе; сильная прострація съ угнетеніемъ рефлексовъ во время ея продолженія; затѣмъ усиленіе рефлексовъ въ періодъ, когда начинаются насильственныя движенія.

5. *Перерѣзка подъ 4-мъ желудочкомъ* Сильная прострація; за нею наиболѣе рѣзкое усиленіе рефлексовъ.

Въ приводимыхъ ниже примѣрахъ цифры обозначаютъ число ударовъ метронома, вслѣдъ за которыми появился рефлексъ. Отсутствіе его обозначено буквами *н. р.*

Лѣв. нога.	Прав. нога.
После перерѣзки полушарій.	
8	7—8
9	6
11	7
Перерѣзка по зрительн. чертогамъ.	
100 н. р.	100 н. р.
7′ спустя.	
70 н. р.	70 н. р.
Перер. по верхн. гран. прод. мозга.	
70 н. р.	70 н. р.
3′ спустя.	
7—8	7—8
Перер. подъ 4-мъ желуд.	
6	4—5
5—6	3—4
Мозгъ не пораненъ.	
22	17
8	11
Разрѣзъ по lobi optici.	
60 н. р.	60 н. р.
5′ спустя.	
16	15

10′ по перер. зрительн. чертог.

Лѣв. нога.	Прав. нога.
23	10

Перерѣзка по lobi optici.

70 н. р.	70 н. р.

5′ спустя.

70 н. р.	70 н. р.

5′ спустя.

54	60

Перерѣзка полушарій.

13	9

Перер. по верхн. гран. прод. мозга.

15	7
5	3
2	2

Перерѣзка полушарій.

32	19
17	15
16	15

Перер. подъ 4-мъ желуд.

6	6
4	3
2	2

Явленія, замѣченныя при перерѣзкахъ среднихъ частей головного мозга и обозначенныя словами «угнетеніе рефлексовъ», могли бы быть приписаны слѣдующимъ побочнымъ обстоятельствамъ, сопровождающимъ эти перерѣзки: 1) обезкровленію пораненныхъ частей; 2) боли отъ перерѣзки нервовъ, и 3) боли отъ пораненія мозга. Первое изъ этихъ вліяній могло быть провѣрено опытомъ и такіе опыты были сдѣланы.

Мозгъ не пораненъ.

Лѣв. нога.	Прав. нога.
10	10
6	7

Перер. обнаженн. предвар. сердц.	
Лѣв. нога.	Прав. нога.
13	15
15	15
Перерѣзка зрительн. чертоговъ.	
70 н. р.	70 н. р.
3′ спустя.	
22	20
Перерѣзка полушарій.	
31	26
27	21
Перерѣзка сердца.	
22	13
16	11
Перерѣз. зрительн. чертоговъ.	
100 н. р.	100 н. р.

Выше было сказано, что лягушка способна, повидимому, чувствовать боль, причиняемую перерѣзкой по lobi optici. Если это такъ, то явленія, обозначенныя словами «угнетеніе рефлексовъ», могли бы объясняться очень просто слѣдующимъ образомъ: когда лягушкѣ причинена сильная боль перерѣзкой ли нервовъ или мозговыхъ массъ, то она не можетъ чувствовать слабаго раздраженія кожи сильно разведенной кислотой, и проба на рефлексы даетъ отрицательный результатъ. Рядомъ съ признаками боли отъ перерѣзки loborum opticorum мы видѣли однако, что такихъ признаковъ при перерѣзкѣ зрительныхъ чертоговъ, когда получается наиболѣе рѣзкое угнетеніе рефлексовъ, нѣтъ; видѣли, что угнетеніе это длится долѣе, чѣмъ признаки боли (въ противномъ случаѣ измѣреніе рефлексовъ на лягушкахъ съ перерѣзкой среднихъ частей головного мозга и въ частности по lobi optici было бы невозможно); наконецъ, далѣе встрѣтимся съ новыми доводами противъ угнетающаго дѣйствія боли или послѣдующаго за нею разслабленія нервной системы (Abspannung).

II.

Химическое раздраженіе спинно-мозговой оси.

Химическое раздраженіе, въ томъ видѣ, какъ оно прикладывалось къ спинно-мозговой оси на различныхъ высотахъ, и именно съ искусственно образованныхъ поперечныхъ разрѣзовъ послѣдней, важно въ томъ отношеніи, что оно дѣйствуетъ лишь на поверхностные слои раздражаемой части, не проникая въ ея глубь; слѣдовательно даетъ эффекты, соотвѣтствующіе возбужденію поверхностныхъ слоевъ раздражаемаго органа. Въ этомъ отношеніи оно представляетъ большое преимущество передъ электрическимъ раздраженіемъ, прилагаемымъ такимъ же образомъ къ поперечнымъ разрѣзамъ.

Раздражителемъ служила во всѣхъ опытахъ поваренная соль, такъ какъ при ея посредствѣ получились совершенно убѣдительные результаты. Для болѣе легкаго раздраженія соль употреблялась въ видѣ раствора, для болѣе сильнаго кристаллы прямо прикладывались къ поверхности разрѣза.

Форма опытовъ очень проста. Послѣ перерѣзки мозга въ томъ или другомъ мѣстѣ, всѣ части его кпереди отъ разрѣза удаляются изъ черепной полости и животное оставляется въ покоѣ до прекращенія кровоизліянія. Сгустки, наполняющіе черепную полость, тщательно удаляются; затѣмъ измѣряются рефлексы; послѣ чего прикладывается къ обнаженному поперечному разрѣзу раздражающее вещество и въ теченіе первой же минуты рефлексы измѣряются вновь. Значитъ, раздраженіе прикладывается уже много послѣ того, какъ прекратился эффектъ предшествующей перерѣзки.

Раздраженіе солью поперечныхъ разрѣзовъ полушарій не дало опредѣленныхъ результатовъ. Наоборотъ,

раздраженіе поваренной солью поперечнаго разрѣза зрительныхъ чертоговъ даетъ сильное угнетеніе рефлексовъ, притомъ при совершенномъ покоѣ животнаго, раньше чѣмъ вызываются этимъ раздраженіемъ движенія и конвульсіи.

Угнетенія при химическомъ раздраженіи разрѣзовъ по lobi optici и по верхней границѣ продолговатаго мозга наблюдать не удалось, потому что раздраженіе въ этихъ мѣстахъ почти тотчасъ же вызываетъ сильныя движенія и конвульсіи.

Угнетенія съ разрѣза спинного мозга (подъ 4-мъ желудочкомъ) *не наблюдается, хотя животное остается при этомъ совершенно спокойнымъ.*

Въ виду того обстоятельства, что съ разрѣзовъ среднихъ частей головного мозга легко вызываются химическимъ раздраженіемъ насильственныя движенія съ признаками боли (бѣгство, иногда съ крикомъ, прерываемое конвульсіями и переходящее въ тетанусъ), а при раздраженіи зрительныхъ чертоговъ получается сильное угнетеніе рефлексовъ при полномъ покоѣ животнаго, послѣдній фактъ пріобрѣтаетъ очень важное значеніе, указывая, что раздраженіе падаетъ здѣсь на нервныя образованія, возбужденіе которыхъ, не сопровождаясь признаками боли, даетъ рѣзкое угнетеніе рефлексовъ. Этотъ выводъ усиливается еще тѣмъ обстоятельствомъ, что съ разрѣза зрительныхъ чертоговъ иногда удается на одномъ и томъ же животномъ получить угнетеніе рефлексовъ не одинъ, а нѣсколько разъ, употребляя сначала слабое, а потомъ сильное раздраженіе. Привожу такой именно примѣръ.

Перерѣзка зрительныхъ чертоговъ;
по удаленіи сгустковъ.

Лѣв. нога.	Прав. нога.
10	11
7	7
Раздраж. солян. раств. Жив. покойно.	
50 н. р.	50 н. р.
80 н. р.	80 н. р.
Раздраж. раств. удаленъ. 5′ спустя.	
10	11
Опять раздраж. растворъ.	
19	15
15	13
Растворъ удаленъ.	
11	8
Кристаллы соли на разрѣзъ.	
40 н. р.	40 н. р.
Конвульсіи.	

И такъ, этими опытами установлено:

присутствіе въ зрительныхъ чертогахъ лягушки нервныхъ механизмовъ, угнетающихъ рефлексы при возбужденіи, и отсутствіе таковыхъ въ спинномъ мозгу.

III.

Электрическое раздраженіе спинно-мозговой оси.

Опыты тетанизаціи (вертящимися индукціонными токами) спинно-мозговой оси съ искусственно образованныхъ поперечныхъ разрѣзовъ требуютъ отъ экспериментатора большого терпѣнія и большой осмотрительности, потому что дѣйствовать можно только очень слабыми токами, не вызывающими съ разрѣзовъ движеній, съ другой стороны, очень близко стоящими къ этому пункту по силѣ. Внѣ этихъ узкихъ предѣловъ, раздраженіе, вызывая движенія, не даетъ возможности мѣрять рефлексы, а съ противоположнаго конца оно оказывается не дѣйствительнымъ. Но и при этихъ предосторожностяхъ опыты могутъ не удаться, если на обнаженной поверхности разрѣза накопится жидкость.

Приведу нѣсколько примѣровъ.

После перерѣз. зрительн. чертог. и очищ. черепн. полости отъ сгустковъ.

Лѣв. нога.	Прав. нога.
9	9
Тетанизація.	
20	42
Покой.	
14	13
Тетанизація.	
60 н. р.	20
Покой.	
17	20
Тетанизація.	
80 н. р.	58
Покой.	
52	10

Перер. по верхн. гран. прод. мозга.

Лѣв. нога.	Прав. нога.
8	9
Тетанизація.	
19	16
Покой.	
7	11
12	13
Тетанизація.	
29	35
Покой.	
24	30
24	27
13	14

Къ тому, что дало химическое раздраженіе, опыты съ электрическимъ раздраженіемъ прибавили лишь признакъ слабаго угнетенія рефлексовъ съ разрѣза по верхней границѣ продолговатаго мозга.

Итакъ, описанными опытами установленъ въ сущности одинъ только но очень важный фактъ:

угнетеніе рефлексовъ съ разрѣзовъ зрительныхъ чертоговъ, не объяснимое ни обезкровленіемъ пораненнаго органа, ни вмѣшательствомъ въ явленіе чувства боли.

Дальнѣйшіе опыты возбужденія спинно-мозговой оси съ периферіи, и именно съ кожи, я не привожу [1]), потому что они потеряли всякое значеніе послѣ моихъ же позднѣйшихъ опытовъ съ раздраженіемъ чувствующихъ нервовъ.

Опытъ угнетенія рефлексовъ съ разрѣза зрительныхъ чертоговъ былъ показанъ мною въ 1862 г. *Брюкке* и *Людвигу*, благодаря чему фактъ былъ признанъ въ Германіи.

Дальнѣйшую судьбу этого вопроса см. въ моихъ позднѣйшихъ опытахъ съ раздраженіемъ чувствующихъ нервовъ и въ мемуарѣ о гальваническихъ явленіяхъ въ продолговатомъ мозгу лягушки.

---

[1]) Это сказано мною теперь, въ 1904 г.

Электрическое и химическое раздраженіе чувствующихъ спинно-мозговыхъ нервовъ лягушки.

(Ueb. electr. u. chem. Reiz. d. sens. Rückenmarksnerv. d. Frosch. Graz. 1868.)

1. Предлагаемое изслѣдованіе имѣетъ цѣлью пополнить значительный пробѣлъ въ нашихъ свѣдѣніяхъ объ отношеніи чувствующихъ нервовъ лягушки къ электрическому и химическому раздраженію. Отношеніе это очевидно могло изучаться на такихъ центральныхъ аппаратахъ, дѣятельность которыхъ, выражаясь объективными признаками, была бы легко доступна наблюденію. Такими аппаратами всего удобнѣе было взять или рефлекторные кожно-мышечные снаряды спиннаго мозга, или локомоторный аппаратъ лягущки. Опыты раздраженія рефлекторныхъ снарядовъ съ нерва очень просты въ техническомъ отношеніи; съ локомоторнымъ аппаратомъ дѣло обстоитъ иначе: чтобы вѣрно судить объ явленіяхъ локомоціи, животное нельзя укрѣплять неподвижно; а на свободной нормальной лягушкѣ наблюденіе, вслѣдствіе вмѣшательства произвольныхъ движеній, невозможно. Мнѣ, однако, удалось обойти эту трудность, и я получилъ возможность наблюдать эффекты раздраженія нерва на двухъ разныхъ центральныхъ аппаратахъ. Этимъ я, конечно, не хочу сказать, что локомоторный аппаратъ лягушки стоитъ внѣ всякой связи съ отражательнымъ механизмомъ спинного мозга — здѣсь подразумѣвается только несомнѣнная раздѣльность ихъ центральныхъ частей.

I.

Электрическое раздраженіе чувствующихъ нервовъ.

§ 2. Въ новѣйшей физіологической литературѣ существуетъ по этому вопросу одно лишь изслѣдованіе профессора *Пфлюгера*

(«Ueber die elektrischen Empfindungen», Unters. aus d. physiol. Lab. zu Bonn. Berlin, 1865); но и оно проведено систематически въ одномъ только направленіи. Авторъ имѣлъ въ виду испробовать на чувствующихъ нервахъ установленный имъ для двигательныхъ законъ сокращеній (Zuckungsgesetz) и ограничился поэтому употребленіемъ постояннаго тока и наблюдалъ сверхъ того одни лишь вздрагиванія (Zuckungen) на животныхъ, отравленныхъ стрихниномъ.

На основаніи сказаннаго выше, мои цѣли другія: я изучаю сравнительно эффекты возбужденія двухъ разныхъ нервныхъ аппаратовъ, при одинаковыхъ условіяхъ раздраженія одного и того же нерва, и стараюсь разнообразить елико возможно способы возбужденія, съ каковой цѣлью употребляю какъ постоянные, такъ и индукціонные токи.

Такимъ образомъ, раздраженіе во всѣхъ моихъ опытахъ прикладывалось къ сѣдалищному нерву; для наблюденій на отражательномъ спинно-мозговомъ аппаратѣ служили обезглавленныя (тотчасъ подъ 4-мъ желудочкомъ) лягушки; а для наблюденій локомоціи—животныя съ отрѣзанными полушаріями. Если разрѣзъ проведенъ черезъ зрительные чертоги съ перерѣзкой зрительныхъ нервовъ, то лягушка, при неприкосновенно сохранившейся локомоціи, дѣлается столь неподвижной въ сидячемъ положеніи, что укрѣпленіе ея для опытовъ раздраженія нерва дѣлается ненужнымъ.

Приготовленіе животныхъ къ опыту дѣлалось слѣдующимъ образомъ. За перерѣзкой спинного или головного мозга слѣдовала перевязка art. iliacae съ одной стороны; на той же сторонѣ отпрепаровывался, съ большимъ лоскутомъ бедренной кожи, по всей длинѣ бедра сѣдалищный нервъ; нервъ перерѣзывался въ подколѣнной впадинѣ; бедро ампутировалось какъ можно выше; нервъ вмѣстѣ съ раной бедра прикрывался лоскутомъ кожи, освобождаясь изъ-подъ покрышки лишь на короткое время раздраженія, и, наконецъ, животному давался послѣ операціи отдыхъ минутъ въ 5 — 10. Лягушки съ отнятыми полушаріями могли изслѣдоваться непривязанными лишь въ сидячемъ положеніи; а обезглавленныя какъ въ такомъ, такъ и въ положеніи на спинѣ, при чемъ наблюденію подлежали движенія переднихъ конечностей. Ради краткости, слова «лягушка *A*» будутъ обозначать живот-

ное съ отнятыми гемисферами; «лягушка *B*»—животное обезглавленное.

Въ заключеніе необходимо замѣтить, что въ опытахъ съ раздраженіемъ чувствующаго нерва условія наблюденія далеко не столь благопріятны, какъ при раздраженіи двигательнаго нерва. Здѣсь, кромѣ большей простоты эффектовъ возбужденія, всѣ факторы явленія, раздражитель, возбудимость нерва и мышцы, налицо; въ нашихъ же опытахъ центральные аппараты очень мало или даже совсѣмъ недоступны изслѣдователю. Поэтому явленія не столь постоянны, какъ на двигательномъ нервѣ (особенно эффекты слабыхъ раздраженій), и требуютъ большаго числа опытовъ.

Дѣйствіе постоянныхъ токовъ.

§ 3. Раздражающій аппаратъ: баттарея, неполяризующіеся электроды, реостатъ и извращатель тока.

Замѣчу впереди всего, что каждый разъ, какъ мнѣ случалось наблюдать явленія, соотвѣтствующія закону сокращеній *Пфлюгера,* они всегда согласовались съ показаніями послѣдняго.

Первое дѣйствіе замыканія слабыхъ токовъ выражается на лягушкахъ *A* и *B* одинаково, въ видѣ легкихъ отрывистыхъ сокращеній (Schliessungszuckungen). Всего легче сокращаются мышцы культи, затѣмъ мышцы передней конечности. Если сравнить на одномъ и томъ же животномъ степень чувствительности къ слабымъ токамъ чувствующаго и двигательнаго нерва, то послѣдній оказывается вообще чувствительнѣе. Это слѣдуетъ между прочимъ изъ того, что набрасываніе чувствующаго нерва на мышцу не даетъ отраженнаго вздрагиванія.

Токи средніе и сильные, въ смыслѣ *Пфлюгера,* дѣйствуютъ иначе—даютъ вмѣсто вздрагиваній координированныя движенія. На приложеніе ихъ къ нерву лягушки *A* отвѣчаютъ скачкомъ; а у лягушекъ *B*, лежащихъ на спинѣ, они даютъ движеніе всей передней конечности (преимущественно на сторонѣ раздраженія). Замыканія и размыканія дѣйствуютъ одинаково.

§ 4. Если поляризующій токъ усиливать постепенно отъ нуля, то можно дойти до сильныхъ токовъ, не вызвавъ движенія,—согласіе съ основнымъ закономъ *дю Буа Реймона* электрическаго возбужденія двигательнаго нерва.

Если же дѣйствовать на нервъ перерывами поляризующаго

тока, т.-е. рядомъ замыканій и размыканій, то даже слабые токи, не дающіе координированныхъ движеній при отдѣльныхъ замыканіяхъ и размыканіяхъ, вызываютъ у лягушекъ *A* скачокъ, а у лягушекъ *B* (въ спинномъ положеніи)—движеніе цѣлой конечности, предшествуемое явными признаками повышенія возбудимости спинного мозга. Такъ, если прерывать слабый токъ, напримѣръ 60 разъ въ минуту, то появляющееся черезъ нѣсколько перерывовъ слабое вздрагиваніе отъ дальнѣйшихъ перерывовъ дѣлается сильнѣе и болѣе распространеннымъ по тѣлу и переходитъ, наконецъ, въ координированное движеніе конечности. Однако и при этомъ въ движущейся конечности все еще чувствуются отдѣльныя вздрагиванія.

Чѣмъ слабѣе токъ, тѣмъ медленнѣе наступаетъ координированное движеніе. Чѣмъ чаще перерывы, тѣмъ скорѣе наступаетъ этотъ эффектъ.

§ 5. Послѣднее явленіе при поляризаціи нерва заключается въ измѣненіи кожной чувствительности. Оно наблюдается, впрочемъ, лишь при дѣйствіи сильныхъ токовъ (въ смыслѣ *Пфлюгера*) и только на лягушкахъ *A*. Появляясь тотчасъ же за замыканіемъ тока, оно заключается въ притупленіи кожной чувствительности во всѣхъ лапкахъ на щипаніе пинцетомъ. Опытъ дѣлается всего удобнѣе такъ: животному отпрепаровываются оба сѣдалищные нерва и ампутируются оба бедра; тогда лягушку можно легкимъ придерживаніемъ удержать въ лежачемъ положеніи на спинѣ. Щипанье переднихъ лапокъ до раздраженія и вслѣдъ за замыканіемъ тока даетъ упомянутый результатъ. О вѣроятномъ смыслѣ этого явленія рѣчь будетъ ниже; здѣсь же достаточно будетъ замѣтить, что его нельзя приписывать распространенію электротоническаго состоянія съ нерва въ спинной мозгъ и производимому этимъ угнетенію возбудимости центровъ: противъ этого говоритъ слабая развитость явленія на обезглавленныхъ лягушкахъ.

Дѣйствіе индукціонныхъ токовъ.

§ 6. Въ виду значительной чувствительности привода отражательнаго и локомоторнаго аппаратовъ къ замыканію слабыхъ баттарейныхъ токовъ, мало чѣмъ уступающей чувствительности двигательнаго нерва, нечувствительность чувствующаго нерва къ отдѣльнымъ индукціоннымъ ударамъ поразительна. На свѣже

препарированныхъ лягушкахъ *A* и *B* [1]) не дѣйствительны токи такой силы, которые даютъ на языкѣ, при играющемъ молоточкѣ, сильное щекотаніе. Фактъ этотъ очевидно говоритъ въ пользу меньшей подвижности отражательныхъ и локомоторныхъ центровъ противъ мышцъ на отрывистые возбуждающіе толчки. Помимо этой количественной разницы, отдѣльные индукціонные удары даютъ тѣ же эффекты, что и замыканія баттарейныхъ токовъ: отдѣльныя отраженныя вздрагиванія при болѣе слабыхъ токахъ и координированныя движенія (скачки на лягушкахъ *A*) при болѣе сильныхъ.

§ 7. Суммированіе эффектовъ отдѣльныхъ ударовъ тоже есть и сказывается здѣсь даже рѣзче, чѣмъ при перерывистой поляризаціи, особенно на лягушкахъ *A*. Такъ, если сравнить на такихъ лягушкахъ силу отдѣльныхъ индукціонныхъ ударовъ, только что переставшую давать вздрагиванія, съ наименьшей силой токовъ, которые, тетанизируя нервъ, вызываютъ движенія, то послѣдняя оказывается (судя по отстояніямъ вторичной спирали отъ первичной) значительно слабѣйшею.—Къ частому ряду слабыхъ индукціонныхъ ударовъ чувствующій нервъ почти такъ же чувствителенъ, какъ двигательный.

§ 8. Теперь перехожу къ описанію эффектовъ продолжительной тетанизаціи чувствующаго нерва слабыми, средними и сильными токами. Подъ слабыми я разумѣю тѣ, которые начинаютъ вызывать въ аппаратахъ движеніе. Сильные соотвѣтствуютъ тѣмъ, которые въ приложеніи къ бродящему нерву вызываютъ рѣзко остановку сердца (на языкъ они даютъ неболѣзненное ощущеніе сильнаго щекотанія). Получающіяся на лягушкахъ *A* и *B* явленія я опишу въ отдѣльности; сначала на послѣднихъ.

На обезглавленныхъ подъ 4-мъ желудочкомъ лягушкахъ (B).

Для этихъ опытовъ всего лучше отпрепаровывать оба нерва, ампутировать оба бедра и укрѣплять животное въ лежачемъ положеніи на спинѣ, оставляя переднія конечности свободными.

a) *Слабое раздраженіе* даетъ тотчасъ же одинокое летучее дви-

[1]) Часа черезъ 2—3 послѣ операціи въ нихъ постепенно развивается состояніе повышенной раздражительности, длящееся болѣе 12 часовъ. Въ этомъ состояніи лягушки *A* отвѣчаютъ на отдѣльные индукціонные удары сильными вздрагиваніями—все тѣло подпрыгиваетъ при каждомъ ударѣ, но локомоція не происходитъ—лягушка остается въ сидячемъ положеніи.

женіе обѣихъ конечностей, обыкновенно опусканіе ихъ въ направленіи къ ногамъ; за этимъ слѣдуетъ покой, какъ бы долго ни продолжалась тетанизація.

b) *Раздраженіе средней силы* даетъ тотчасъ же болѣе сильное тетаническое движеніе обѣихъ конечностей въ томъ же направленіи, длящееся нѣсколько секундъ. За этимъ слѣдуетъ покой. При дальнѣйшемъ раздраженіи (иногда даже черезъ 1—2 минуты) развивается такое движеніе, какъ будто въ тѣло лягушки врывается тетаническая волна: начинаясь съ мышцъ культи раздражаемой стороны, она распространяется черезъ брюшныя мышцы на переднія конечности и кончается сильнымъ разгибательнымъ столбнякомъ, за которомъ нерѣдко слѣдуютъ безпорядочныя прерывистыя движенія. Постоянно въ явленіяхъ лишь то, что при тетанизаціи средней силы существуютъ двѣ двигательныя фазы съ промежуткомъ покоя.

c) При *сильномъ раздраженіи* эффекты отличаются отъ предшествующихъ лишь слабостью первой двигательной фазы, тѣмъ, что во время слѣдующаго засимъ покоя тѣла, замѣчается сильное ослабленіе кожной чувствительности (на щипаніе лапокъ), и болѣе быстрымъ наступленіемъ второй тетанической фазы. Характерно еще то, что въ періодъ покоя и угнетенія кожной чувствительности прекращеніе тетанизаціи тотчасъ же вызываетъ тетаническое сокращеніе въ переднихъ конечностяхъ. Послѣдній фактъ явно указываетъ, что угнетеніе это никакъ нельзя приписывать истощенію нервныхъ центровъ сильной тетанизаціей; не объясняется имъ и покой за 1-й фазой, потому что за покоемъ слѣдуетъ движеніе.

На лягушкахъ съ отнятыми полушаріями (*А*).

Здѣсь опыты производились въ двухъ формахъ: на животныхъ въ свободномъ сидячемъ положеніи и—ради параллельности условій съ предыдущими опытами—на животныхъ, укрѣпленныхъ въ лежачемъ положеніи на спинѣ, съ свободными передними конечностями.

При послѣднемъ условіи:

a′) *слабое раздраженіе* даетъ, вмѣсто одиночнаго движенія, прерывистый рядъ движеній въ разныхъ направленіяхъ.

b′) *раздраженіе средней силы* даетъ двѣ двигательныя фазы съ промежуткомъ покоя; первая фаза состоитъ изъ прерывистыхъ

движеній; во время покоя замѣчается угнетеніе кожной чувствительности; 2-я двигательная фаза имѣетъ менѣе тетаническій характеръ, выражаясь и теперь перерывистыми движеніями; перерывъ тетанизаціи въ періодъ покоя вызываетъ вмѣсто тетануса рядъ движеній;

c') *сильное раздраженіе* даетъ летучее движеніе; во время покоя—сильное угнетеніе кожной чувствительности; перерывъ тетанизаціи вызываетъ рядъ движеній.

Ходъ явленій на свободно сидящей лягушкѣ въ сущности тотъ же, но выражается иначе.

a'') *Слабое раздраженіе* вызываетъ скачокъ.

b'') *Раздраженіе средней силы* даетъ то же самое. Но если задержать животное при раздраженіи рукою на мѣстѣ, то рука чувствуетъ, что животное дѣлаетъ усилія убѣжать, но черезъ нѣкоторое время успокаивается; тогда лягушку можно оставить свободной и она сидитъ, представляя сильное угнетеніе чувствительности во всѣхъ лапкахъ; затѣмъ въ ней снова появляется какъ будто желаніе убѣжать отъ раздраженія—все тѣло медленно подается впередъ, и какъ только нервъ соскользнетъ съ электродовъ, она дѣлаетъ скачекъ.

c'') Эффектъ *сильнаго раздраженія* выходитъ поразительный, если вибрирующій молоточекъ индукторіума слегка задержать пальцемъ передъ наложеніемъ нерва на электроды и затѣмъ разомъ освободить его. Тогда лягушка остается сидѣть неподвижно и черезъ нѣкоторое время въ ней, какъ въ предшествующемъ случаѣ, постепенно развивается желаніе убѣжать отъ раздраженія, что она и дѣлаетъ, передвигая тѣло медленно впередъ.

И такъ, эффекты тетанизаціи чувствующаго нерва на лягушкахъ *A* и *B* въ сущности одинаковы, отличаясь другъ отъ друга преимущественно лишь количественно. Слабое раздраженіе даетъ въ обоихъ случаяхъ лишь двигательные эффекты, а среднее и сильное—двойственные, движеніе и угнетеніе движеній. Двигательные эффекты выражены всего сильнѣе при раздраженіяхъ средней силы, а угнетательные—при сильной тетанизаціи и особенно рѣзко на лягушкахъ *A*.

II.

Химическое раздраженіе чувствующихъ нервовъ.

§ 9. Отношеніе чувствующаго нерва къ химическому раздраженію никѣмъ не изучалось до сихъ поръ систематически. Г. *Герценъ* (Expériences sur les centres modérateurs de l'action réflexe, Turin, 1864) произвелъ, правда, нѣсколько такихъ опытовъ на нервахъ лягушки; но, имѣя въ виду вызывать лишь возможно сильныя возбужденія нервной системы и изучать послѣдствіе раздраженій, онъ употреблялъ лишь сильныя раздраженія и оставлялъ въ сторонѣ двигательные эффекты. Тѣмъ не менѣе мы обязаны этому изслѣдователю фактомъ, что сильное химическое раздраженіе чувствующаго нерва даетъ значительное ослабленіе рефлексовъ съ кожи.

Опыты и здѣсь производились параллельно на лягушкахъ *A* и *B*, при чемъ отмѣчались какъ двигательные эффекты, такъ и измѣненія кожной чувствительности (на щипки). Приготовительныя къ опытамъ операціи на лягушкахъ были прежнія. Раздраженіе же нервовъ производилось слѣдующимъ образомъ:

Раздражаемый участокъ на свободномъ концѣ нерва разстилался на стеклянной пластинкѣ и обсыпался мелкимъ стекляннымъ порошкомъ, который затѣмъ смачивался испытуемою жидкостью, При раздраженіи нерва амміакомъ тѣло животнаго защищалось отъ паровъ послѣдняго ширмой.

Лягушки *A* изслѣдовались въ свободномъ сидячемъ положеніи, а *B*—въ лежачемъ на спинѣ.

Результаты опытовъ были слѣдующіе:

а) Рядъ веществъ, распадающихся, по ихъ дѣйствію на двигательный нервъ, на двѣ главныя категоріи—дѣйствующихъ болѣе или менѣе сильно и вовсе не дѣйствующихъ, дѣлится въ отношеніи дѣйствія на чувствующій нервъ отражательнаго и локомоторнаго аппарата на три категоріи: вещества, которыя вслѣдъ за двигательными эффектами производятъ ослабленіе кожной чувствительности,—такія, которыя прямо дѣйствуютъ угнетающимъ образомъ, и, наконецъ, вовсе не дѣйствующія. Къ 1-й категоріи относятся: ѣдкія щелочи, за исключеніемъ амміака; концентрированныя минеральныя кислоты (разведенныя наполовину водою, онѣ перестаютъ давать двигательные эффекты) и насыщенные

растворы хлоридовъ щелочныхъ металловъ; ко 2-й категоріи относятся: амміакъ, слабые растворы веществъ предшествующей группы, органическія кислоты и хлориды щелочныхъ земель; къ 3-й категоріи—соли тяжелыхъ металловъ и растворы сахара.

b) Лягушки *A* и *B* отличаются другъ отъ друга тѣмъ, что на первыхъ оба эффекта раздраженія выступаютъ легче и рѣзче. Такъ, на обезглавленныхъ лягушкахъ рефлексы съ нерва вызываются лишь щелочами и крѣпкими минеральными кислотами, тогда какъ локомоторный аппаратъ приводится въ дѣйствіе и хлоридами щелочей. Съ другой стороны, угнетеніе кожной чувствительности на лягушкахъ *A* доходитъ до того, что сильнѣйшее щипаніе лапокъ не вызываетъ движеній; а на обезглавленныхъ лягушкахъ, при тѣхъ же условіяхъ раздраженія, оно обыкновенно очень слабо [1]).

c) Двигательные эффекты выражены вообще, при химическомъ раздраженіи нерва, менѣе рѣзко, чѣмъ угнетательные. Они требуютъ вообще болѣе крѣпкихъ растворовъ, чѣмъ послѣдніе. Кромѣ того, даже на наиболѣе чувствительныхъ, свѣже пойманныхъ весеннихъ лягушкахъ они производятся лишь щелочами, минеральными кислотами и хлоридами щелочей; а рядъ угнетающихъ веществъ очень обширный.

d) Вещества, производящія угнетеніе, представляютъ по степени ихъ дѣйствительности слѣдующій рядъ: α) щелочи (также амміакъ) и крѣпкія минеральныя кислоты; β) хлориды щелочей и глицеринъ; γ) хлориды щелочныхъ земель и органическія кислоты. Впрочемъ, первыя двѣ группы отличаются другъ отъ друга лишь быстротою дѣйствія: при раздраженіи щелочью и кислотой угнетательный эффектъ наступаетъ въ теченіе минуты; а глицеринъ и хлориды даютъ его минутъ черезъ 4 — 5. Вещества же 3-й группы дѣйствуютъ слабѣе, не даютъ полнаго угнетенія чувствительности.

e) Слабые растворы веществъ, способные еще возбуждать двигательный нервъ, на чувствующій не дѣйствуютъ. Наоборотъ, съ

---

1) Этимъ я вступаю въ противорѣчіе съ г. *Герценомъ*, наблюдавшимъ въ обоихъ случаяхъ полное угнетеніе кожной чувствительности (l. c. стр. 29—36); но это происходитъ вѣроятно оттого, что г. *Герценъ* дѣлалъ свои опыты при большой жарѣ на истощенныхъ и къ тому же отравленныхъ стрихниномъ животныхъ.

кожи нѣкоторыя вещества возбуждаютъ послѣдній сильнѣе двигательнаго. Такъ, на обезглавленныхъ лягушкахъ мнѣ случалось вызывать рефлексъ растворами щелочи 1 ч. на 4000 ч. воды, 1 ч. сѣрной кислоты на 3000 ч. воды.

Итакъ, главную особенность химическаго раздраженія спинномозговыхъ чувствующихъ нервовъ лягушки составляетъ слабость вызываемыхъ имъ двигательныхъ эффектовъ, въ сравненіи съ угнетательными. Помимо этой особенности, между эффектами химическаго и электрическаго раздраженія существуетъ несомнѣнная параллельность: то и другое даетъ двигательные и угнетательные эффекты; съ усиленіемъ раздраженія послѣднія усиливаются; на обезглавленныхъ лягушкахъ они выражены слабѣе чѣмъ на животныхъ съ отнятыми полушаріями. Для полноты сходства недостаетъ лишь доказательства, что и при химическомъ раздраженіи нерва покой, выражающійся извнѣ ослабленіемъ кожной чувствительности (или ослабленіемъ отраженныхъ движеній), не есть результатъ переутомленія нерва сильнымъ раздраженіемъ.

Такимъ доказательствомъ является слѣдующій, очень красивый опытъ: лягушка *A* очень часто выноситъ раздраженіе чувствующаго нерва поваренной солью въ теченіе нѣсколькихъ минутъ, оставаясь неподвижно въ сидячемъ положеніи. Черезъ 4′—5′ такого раздраженія всѣ ея лапки дѣлаются нечувствительны на щипки; но стоитъ быстро отрѣзать раздражаемый участокъ нерва, и лягушка мгновенно дѣлаетъ прыжокъ, часто съ крикомъ, и чувствительность въ лапкахъ тотчасъ же возстановляется, становясь даже повышенною. Этотъ опытъ по смыслу однозначенъ съ фактомъ усиленнаго движенія, вслѣдъ за прекращеніемъ тетанизаціи въ періодъ покоя, связаннаго съ угнетеніемъ кожной чувствительности, слѣдовательно доказываетъ то же, что послѣдній.

Такимъ образомъ, изслѣдованіемъ установлены для возбужденія спинно-мозговыхъ отражательныхъ и локомоторныхъ центровъ съ чувствующаго спинно-мозгового нерва слѣдующіе факты:

1) малую чувствительность центровъ къ отрывистымъ толчкамъ по нерву;

2) суммированіе нервными центрами отдѣльныхъ толчковъ въ координкированнюое движеніе;

3) двойственность эффектовъ раздраженія средней силы и сильнаго, въ видѣ отраженнаго движенія, съ послѣдующимъ періодомъ покоя, связаннаго съ угнетеніемъ кожной чувствительности;

4) развитіе усиленнаго движенія и возвратъ чувствительности вслѣдъ за прекращеніемъ раздраженія во время этого періода покоя; откуда несомнѣнно вытекаетъ:

5) независимость явленія отъ переутомленія нервныхъ центровъ сильнымъ раздраженіемъ; другими словами, доказывается

6) фактъ задержки (Hemmung) отраженнаго движенія сильнымъ или продолжительнымъ раздраженіемъ чувствующаго нерва

Гальваническія явленія на продолговатомъ мозгу лягушки.

(Galvanische Erschein. an d. verläng. Marke d. Frosches. Pflüger's Arch. f. d. gesammte Physiologie. Bd. XXVII, 1882.)

Для успѣшности описываемыхъ ниже опытовъ необходимо вынимать спинно-мозговую ось изъ позвоночника съ крайней осторожностью; поэтому опишу прежде всего употреблявшіеся мною пріемы.

1. Чтобы смягчить даже для себя производство этой страшной операціи, я вскрываю прежде всего черепъ и разрушаю отрѣзанныя полушарія; затѣмъ вскрываю возможно широко позвоночникъ по всей длинѣ и даю животному отдохнуть отъ причиненнаго потрясенія. Затѣмъ идетъ слѣдующій рядъ маленькихъ операцій: вырѣзываніе копчиковой кости, перевязка аорты, препаровка обоихъ сѣдалищныхъ нервовъ съ ихъ сплетеніемъ по всей длинѣ и перевязка ихъ въ подколѣнной впадинѣ. Послѣ этого, посредствомъ булавки, подводимой подъ спинной мозгъ посрединѣ между брахіальнымъ и поясничнымъ утолщеніями сбоку, средняя часть спинного мозга выводится изъ позвоночника настолько, что теперь легко подвести подъ спинной мозгъ другую булавку кзади отъ первой и, передвигая ее параллельно самой себѣ кзади, высвободить изъ позвоночника всю заднюю половину спинного мозга, перекидывающуюся мостомъ черезъ обѣ булавки. За симъ по порядку слѣдуютъ: перерѣзка заднихъ брахіальныхъ корешковъ, отдѣленіе позвоночника съ обѣихъ сторонъ отъ брюшныхъ мышцъ, перестриганіе позвоночника позади задней булавки и перестриганіе обѣихъ подвздошныхъ костей. Такимъ образомъ въ связи со спиннымъ мозгомъ остается нижній конецъ позвоночника и передняя половина таза, съ передней половиной копчико-подвздошныхъ

мышцъ. Отрѣзокъ этотъ полезенъ тѣмъ, что служитъ рукояткой при выниманіи передней половины спинно-мозговой оси изъ позвоночника простымъ подниманіемъ, и играетъ по отношенію къ спинно-мозговой оси ту же роль, что́ мышца въ нервно-мышечномъ препаратѣ. Такъ, когда, по вынутіи изъ позвоночника спинного мозга вмѣстѣ съ средними частями головного, послѣднія перестригаются по верхней границѣ продолговатаго мозга, сокращеніе мышцъ въ отрѣзкѣ таза свидѣтельствуетъ о полной удачѣ произведенной операціи. Отсутствіе такого сокращенія не указываетъ еще однако на неудачу, потому что выведенный изъ своего вмѣстилища продолговатый мозгъ обладаетъ нѣкоторою способностью оправляться отъ потрясенія. Кромѣ того отрѣзокъ очень удобенъ при накладываніи препарата на отводные электроды. Если при опытѣ не имѣлось въ виду раздраженіе нервовъ, то тазовой отрѣзокъ удалялся по наложеніи препарата на электроды.

Буссоль съ зеркальнымъ считываніемъ имѣла Видемановскую форму и отличалась большой чувствительностью: покоющійся нервный токъ часто давалъ отклоненія въ 500 sc. (при отстояніи скалы отъ буссоли 2 м.). АпеQ періодичность магнита была тоже очень совершенная. Во всѣхъ опытахъ употреблялись въ дѣло обѣ катушки, вполнѣ надвинутыя; поэтому при компенсированіи компенсирующая вѣтвь тока шла черезъ отведенную часть препарата. Во всѣхъ опытахъ съ отведеннымъ къ буссоли продолговатымъ мозгомъ длина отведеннаго участка равнялась средней длинѣ этого органа, т.-е. 2—4 мм. Вездѣ, гдѣ не упоминалось специально о способѣ отведенія, отводился поперечный разрѣзъ и передняя поверхность продолговатаго мозга.

Влажная камера для этихъ опытовъ еще болѣе необходима, чѣмъ для опытовъ съ нервомъ, потому что при большей чувствительности центральныхъ частей ко всѣмъ вообще внѣшнимъ вліяніямъ (сотрясенія, токи воздуха и пр.) гальваническія явленія въ нихъ значительно болѣе скоропреходящи, чѣмъ въ нервахъ.

2. При вышеупомянутомъ способѣ отведенія продолг. мозга, отклоненіе происходитъ въ томъ же направленіи, какъ отъ мышцы или нерва, отведенныхъ такимъ же образомъ. Величина отклоненія очень непостоянна, но вообще лежитъ посрединѣ между

даваемыми мышцей и нервомъ. Тотчасъ послѣ компенсаціи наблюдается различное: иногда, и именно, если отведеніе и компенсація послѣдовали очень быстро за наложеніемъ поперечнаго разрѣза, магнитъ, несмотря на компенсацію, продолжаетъ двигаться въ прежнемъ направленіи; иногда онъ стоитъ нѣкоторое время неподвижно; но всего чаще двигается въ направленіи компенсирующаго тока, сначала медленно, а потомъ скорѣе и скорѣе. Къ этому движенію присоединяются вскорѣ толчки или ускоренія движенія, становящіеся мало-по-малу настолько сильными, что принимаютъ, наконецъ, видъ отрывистыхъ отрицательныхъ колебаній покоющагося тока, такъ какъ за ними слѣдуютъ колебанія въ противную сторону. Убываніе первичнаго отклоненія можетъ еще продолжаться и теперь, но мало-по-малу оно исчезаетъ и теперь отрицательныя колебанія выступаютъ съ полною ясностью. Такъ какъ они происходятъ безъ всякой видимой причины, то я назову ихъ *спонтанными колебаніями тока,* или *спонтанными разрядами.* Послѣднимъ именемъ я однако никакъ не обозначаю природу гальваническаго процесса, а разумѣю лишь взрывчатый характеръ его проявленія [1]).

Благодаря этому обстоятельству, въ общей картинѣ явленій вырисовываются съ совершенной ясностью даже отклоненія въ 2—3 sc. и самая картина получаетъ пестрый видъ неправильно чередующихся большихъ и малыхъ отклоненій. Пестрота увеличивается еще болѣе оттого, что иногда сильному отрывистому колебанію предшествуетъ медленное отступленіе магнита въ томъ же направленіи; въ другихъ случаяхъ отрицательное колебаніе раздваивается, прежде чѣмъ переходитъ въ противоположное движеніе; а иногда разрядъ происходитъ въ то время, какъ только что предшествующее колебаніе кончилось и перешло въ противоположное движеніе. Въ этой безпорядочной картинѣ явленій мало-мальски постоянно лишь слѣдующее: за очень сильнымъ отрицательнымъ колебаніемъ слѣдуетъ или длинная пауза, или слабый разрядъ. Время, въ теченіе котораго наблюдаются

---

[1]) Мысль, что нервные центры способны заряжаться энергіей, сколько я знаю, признается въ физіологіи; но тогда исходящему изъ нерва возбужденію соотвѣтствуетъ *разрядъ.* Ниже будетъ доказано, что спонтаннымъ колебаніямъ тока соотвѣтствуютъ возбуждающіе толчки; поэтому слово *разрядъ,* употребляемое въ этомъ общемъ смыслѣ, кажется мнѣ вполнѣ умѣстнымъ.

колебанія, тоже очень измѣнчиво отъ одного препарата къ другому, колеблясь отъ нѣсколькихъ минутъ до $^1/_2$ часа и болѣе.

Въ приводимыхъ числовыхъ примѣрахъ №№ 1, 2, 4 и 5 представляютъ крайности, по величинѣ отрицательныхъ колебаній (въ sc.), а № 3—средній уровень.

Таблица I.

№	Спонт. колебанія въ sc.	Въ теченіе
1	12 18 18 12 18	2′
2	19 13 13 15	1,5′
3	25 27 31 30	1′
4	62 86 101 89 86 38 41	3′
5	110 73 73 70 70 65 27 42 51 32 10 35 35 54 32	7′

3. Въ описанной доселѣ общей картинѣ явленій можно различить три характерныхъ пункта: усиленіе покоющагося тока, послѣдующее за нимъ *быстрое* ослабленіе онаго и періодическія спонтанныя колебанія.

Первымъ изъ этихъ явленій я не занимался, такъ какъ оно непостоянно, скоропреходяще и никогда не достигаетъ такого развитія, которое наблюдалъ профессоръ *дю Буа Реймонъ* на мышцахъ лягушки [1]). Если принять и здѣсь за причину явленія развитіе кислоты на поперечномъ разрѣзѣ, то выходило бы, что это явленіе наступаетъ очень быстро по обнаженіи поперечнаго разрѣза и очень быстро достигаетъ maximum'a.

Въ ослабленіи первичнаго отклоненія обмираніе органа играетъ конечно роль, но не исключительную. Ниже, въ концѣ § 14, будутъ приведены основанія, что въ обмираніи центральныхъ органовъ лежатъ условія къ непрерывному возбужденію и что по-

1) Gesammte Abhandl. Leipzig, 1877. S. 199.

слѣднее принимаетъ участіе въ фактѣ отступленія магнита. Въ настоящую минуту въ пользу сказаннаго приведу лишь слѣдующее: на продолговатомъ мозгу обезкровленныхъ и не раздражительныхъ лягушекъ ослабленіе первичнаго отклоненія тоже существуетъ, но далеко не столь быстрое, какъ на препаратахъ, сохранившихъ раздражительность.

Между этими явленіями спонтанные разряды представляютъ конечно наибольшій интересъ, и все дальнѣйшее касается только ихъ.

4. *Область разрядовъ лежитъ въ верхней половинѣ продолговатаго мозга.*

Пока спинно-мозговая ось остается въ связи съ отведенными къ буссоли средними частями головного мозга, спонтанныя колебанія очень слабы или вовсе не наблюдаются. То же самое получается при отведеніи нижней половины продолговатаго мозга; а спинной мозгъ не даетъ колебаній ни на какой высотѣ.

Чтобы составить себѣ нѣкоторое понятіе о расположеніи электродвигателей въ головномъ мозгу и о направленіи разрядовъ, были испробованы три различныхъ способа отведенія органа къ буссоли: *A*—свободный поперечный разрѣзъ и точки передней поверхности; *B*—своб. попер. разр. и точки задней поверхности, и *C*—симметричное отведеніе боковыхъ поверхностей. Зная, кромѣ того, изъ опытовъ, что разряды передаются изъ продолговатаго мозга въ спинной, было испробовано также *D*—симметричное отведеніе боковыхъ поверхностей спинного мозга. Примѣры этихъ опытовъ собраны въ табл. II. Знаки + и — передъ числами показываютъ, что соотвѣтствующія колебанія были въ отношеніи къ первичному отклоненію положительны или отрицательны.

Таблица II.

№	Спонтанныя колебанія.
6	A — 32, — 32, — 27 B — 5, — 9, — 8, — 7 A — 23, — 21 B — 2, — 3 A — 18, — 21

№	Спонтанныя колебанія.
7	B — 16, — 11, — 13, — 8, — 14 A — 23, — 26, — 30, — 30 B — 8, — 9, — 14, — 11, — 14 A — 27, — 21, — 22, — 20, — 25
8	C + 21, + 22, + 16, + 8, + 5 A — 53, — 65, — 32, — 52 C — 14, — 20, — 28, — 39, — 6, — 16
9	C — 63, — 61, — 41, — 14, — 22 A — 25, 0, 0, 0, 0
10	C — 16, — 9, — 5, — 31, — 29, — 10
11	D — 17, — 14, — 2, — 2, + 7, + 17, — 12

Большее число такихъ опытовъ, въ связи съ частичными перерѣзками органа, можетъ быть и выяснили бы вопросъ о топографіи электродвигателей; теперь же они дали лишь слѣдующій результатъ: изъ всѣхъ способовъ отведенія органа форма *A* оказывается наиболѣе дѣятельной.

5. *Развитіе спонтанныхъ колебаній не зависитъ отъ формы опыта и не стоитъ по силѣ въ связи съ величиною первичнаго отклоненія* (покоющагося тока).

Въ виду чрезвычайной чувствительности продолговатаго мозга къ внѣшнимъ вліяніямъ, можно было бы думать, что соприкасаніе его поперечнаго разрѣза и продольной поверхности съ электродами способно возбуждать органъ. Кромѣ того, при компенсированіи первичнаго отклоненія черезъ отведенный участокъ продолговатаго мозга проходитъ вѣтвь компенсирующаго тока. Слѣдующій опытъ показываетъ однако несомнѣннымъ образомъ, что оба эти вліянія не играютъ роли въ происхожденіи спонтанныхъ колебаній: спинной мозгъ, оставшійся въ связи съ продолговатымъ, будучи отведенъ къ буссоли поперечнымъ разрѣ-

зомъ и продольной поверхностью, даетъ спонтанныя колебанія тока; здѣсь продолговатый мозгъ не лежитъ на отводныхъ электродахъ и черезъ него не идетъ компенсирующій токъ; а между тѣмъ стоитъ только отрѣзать его отъ спинного мозга и спонтанныя колебанія исчезаютъ.

Независимость ихъ по силѣ отъ величины первичнаго отклоненія всего яснѣе доказывается опытами симметричнаго отведенія къ буссоли точекъ боковыхъ поверхностей органа. Первичное отклоненіе бываетъ тогда незначительно, иногда равно нулю, а спонтанныя колебанія нерѣдко бываютъ очень сильны (напр., форма C въ оп. 9, табл. II). Наложеніе поперечнаго разрѣза по верхней границѣ продолговатаго мозга стоитъ, правда, въ причинной связи съ развитіемъ спонтанныхъ разрядовъ, но не тѣмъ, что этой операціей создаются условія для сильныхъ покоющихся токовъ между поперечнымъ разрѣзомъ и продольною поверхностью органа (см. ниже § 8).

6. *Спонтанные разряды стоятъ въ прямой связи съ раздражительностью отпрепарованнаго продолговатаго мозга.*

Выше, при описаніи приготовительной кровавой операціи на лягушкѣ, было сказано, что сохранившійся въ отпрепарованномъ продолговатомъ мозгу остатокъ раздражительности узнается изъ того, что перерѣзка по верхней границѣ мозга вызываетъ сокращеніе въ мышцахъ тазоваго отрѣзка. *На такихъ именно препаратахъ спонтанные разряды и получаются всего живѣе.* На свѣже пойманныхъ весеннихъ лягушкахъ они вообще живѣе, чѣмъ на вялыхъ зимнихъ. Наконецъ, колебанія оказываются сильно ослабленными во всѣхъ случаяхъ, гдѣ раздражительность центровъ видимо ослаблена, наприм., на обезглавленныхъ лягушкахъ съ остатками рефлекторной дѣятельности, или на животныхъ, сильно наркотизованныхъ алкоголемъ.

7. *Спонтанныя колебанія тока суть выразители возбуждающихъ толчковъ, родящихся въ продолговатомъ мозгу, отдѣленномъ отъ среднихъ частей головного мозга.*

На удачныхъ препаратахъ съ сильными колебаніями тока одновременно съ этими колебаніями происходитъ сокращеніе мышцъ тазоваго отрѣзка. На удачныхъ препаратахъ можно даже наблюдать прохожденіе возбуждающихъ толчковъ по длинѣ спинного мозга: послѣдній, будучи отведенъ къ буссоли про-

дольной поверхностью и поперечнымъ разрѣзомъ и оставаясь въ связи съ продолговатымъ мозгомъ, даетъ спонтанныя колебанія тока. Отсюда уже само собою слѣдуетъ, что толчки, выражающіеся спонтанными разрядами, принадлежатъ къ разряду двигательныхъ импульсовъ, родящихся въ продолговатомъ мозгу.

8. *Между условіями развитія нашихъ явленій и условіями развитія изъ продолговатаго мозга насильственныхъ движеній существуетъ полная параллель.*

Изъ опытовъ съ перерѣзками головного мозга на лягушкахъ извѣстны слѣдующіе факты: a) разрѣзъ по зрительнымъ чертогамъ, съ перерѣзкой зрительныхъ нервовъ, не вредитъ цѣлости локомоторнаго аппарата, а между тѣмъ лягушка послѣ такихъ разрѣзовъ остается упорно въ неподвижномъ сидячемъ положеніи; b) отдѣленіе среднихъ частей мозга отъ продолговатаго по верхней границѣ рудиментарнаго мозжечка вызываетъ насильственныя движенія въ видѣ упорнаго ползанья; c) перерѣзка по нижней границѣ мозжечка вызываетъ, вмѣсто стройнаго ползанья, ряды движеній съ неправильными промежутками; d) перерѣзки въ нижней половинѣ продолговатаго мозга уже не даютъ насильственныхъ движеній. Изъ сопоставленія этихъ фактовъ съ тѣмъ, что было сказано въ § 4 относительно отдѣловъ головного мозга, дѣятельныхъ и недѣятельныхъ въ дѣлѣ произведенія спонтанныхъ колебаній, параллель, выставленная въ началѣ этого параграфа, вытекаетъ несомнѣннымъ образомъ.

Такимъ образомъ, *найденныя нами спонтанныя колебанія тока суть выразители двигательныхъ импульсовъ, родящихся въ продолговатомъ мозгу по отдѣленіи его отъ среднихъ частей головного мозга и производящихъ насильственныя движенія.*

Насильственныя движенія объясняютъ, какъ извѣстно, раздраженіями съ пораненныхъ поверхностей мозга. Та же, вѣроятно, причина дѣйствуетъ и въ нашемъ случаѣ. Но здѣсь замѣшивается, можетъ быть, еще другая причина—именно деформація верхней половины продолговатаго мозга, связанная съ его обмираніемъ. Вынимая спинно-мозговую ось изъ ея вмѣстилища, я всегда находилъ ее кисельно-мягкой; а при сниманіи препарата съ электродовъ, когда онъ уже переставалъ дѣйствовать, консистенція ея была уже болѣе твердой, очевидно отъ свертыванія мозговой протоплазмы. При этомъ треугольная форма желу-

дочка измѣняется такимъ образомъ, какъ будто въ верхнихъ частяхъ спинного мозга произошло сжатіе съ боковъ. Пока мозгъ не вынутъ, верхняя часть его, вѣроятно, растягивается укрѣпленными въ выходныхъ отверстіяхъ тройничными нервами, при вынутіи же эти тяжи перерѣзываются. Возможно поэтому, что деформація верхнихъ частей продолговатаго мозга остается не безъ нѣкотораго вліянія на описанныя явленія. Но въ виду всего доселѣ сказаннаго, эта роль можетъ быть лишь второстепенной.

Возбужденіе продолговатаго мозга извнѣ

a) *звуковыми сотрясеніями воздуха* и
b) *электрическимъ раздраженіемъ нервовъ.*

9. a) Опыты возбужденія продолговатаго мозга звуками человѣческаго голоса и звуками духового инструмента требовали цѣлаго ряда предосторожностей. Такъ какъ со стороны буссоли требовалась высокая степень астазіи магнита, то звуковой источникъ и препараты съ отводными электродами удалялись отъ гальванометра въ сосѣднюю комнату. Станокъ влажной камеры [1]), съ заключающимся въ ней препаратомъ и отводными электродами, былъ защищенъ отъ сотрясеній подложенными подъ него каучуковыми трубками. Во время произведенія звуковъ влажнаа камера оставалась конечно закрытой. Сильные звуки мѣдной трубы удалялись метра на два отъ камеры; а звуки человѣческаго голоса приходилось производить въ непосредственной близи. При этомъ воздушный токъ звучащаго инструмента всегда направлялся въ сторону отъ колпака камеры, такъ какъ опыты показали, что эти токи, будучи направлены на колпакъ, могутъ быть причиной развитія термотоковъ и соотвѣтствующихъ имъ отклоненій. Эти же опыты показали, впрочемъ, что отклоненія

---

1) Очень удобна слѣдующая форма влажной камеры. Основаніемъ служитъ дешеваго сорта тарелка, дно которой легко просверливается для вставленія наглухо (при посредствѣ замазки изъ воска съ канифолью) стеклянныхъ трубокъ, несущихъ отводные электроды въ этихъ опытахъ, а также трубки для электродовъ раздражающихъ токовъ въ опытахъ съ электрическимъ раздраженіемъ нервовъ. На дно тарелки наливается вода, и все покрывается стекляннымъ колпакомъ.

послѣдняго рода рѣзко отличаются отъ колебаній, вызываемыхъ раздраженіемъ: эти отрывисты и состоятъ изъ двухъ отклоненій въ противныя стороны, а первыя развиваются медленно и переживаютъ произведшее ихъ вліяніе.

Результаты получились слѣдующіе. Отрывистые звуки не производятъ никакого дѣйствія, а продолженные возбуждаютъ несомнѣннымъ образомъ. Но въ явленія замѣшивается измѣнчивая возбудимость продолговатаго мозга. Такъ, если звуковое вліяніе падаетъ тотчасъ за происшедшимъ сильнымъ разрядомъ, то оно можетъ дать лишь слабое отклоненіе въ 8, 10, 12 sc. Если же оно падаетъ на паузу въ ряду слабыхъ отклоненій, то даетъ значительный разрядъ. Этимъ же совершенно устраняется мысль, что препаратъ былъ недостаточно защищенъ отъ потрясеній и эффекты производились незначительными смѣщеніями его на отводныхъ электродахъ; тѣмъ болѣе, что такое же вмѣшательство мѣняющейся раздражительности продолговатаго мозга наблюдалось и въ опытахъ съ электрическимъ раздраженіемъ нервовъ, которое, по смыслу дѣла, не могло не возбуждать продолговатаго мозга. Старанія найти разницу въ дѣйствіи тоновъ разной высоты остались безуспѣшны.

b) *Возбужденіе продолговатаго мозга съ нервовъ.* При изученіи эффектовъ раздраженія нервныхъ стволовъ, гальваническія явленія на нервѣ и дѣятельности связанной съ нимъ мышцы представляютъ два параллельныхъ ряда, которые дополняютъ и провѣряютъ другъ друга. Въ этомъ смыслѣ имѣющіе быть описанными гальваническіе эффекты возбужденія продолговатаго мозга съ нервовъ я буду сопоставлять съ результатами моей прежней работы съ раздраженіемъ чувствующихъ нервовъ лягушки [1]), гдѣ изучались экситомоторные эффекты возбужденія (другихъ изслѣдованій въ этомъ направленіи нѣтъ). Оперативныя условія въ этихъ опытахъ были, правда, иныя, — явленія изучались не на лягушкахъ съ сохраненнымъ однимъ лишь продолговатымъ мозгомъ, а на животныхъ или обезглавленныхъ или съ отнятыми полушаріями; но результаты, какъ увидимъ, получились въ обоихъ рядахъ согласные другъ съ другомъ, что и понятно, такъ какъ

---

1) См. русскій переводъ статьи Ueb. d. elektr. u. chem. Reiz. der sensibl. Rückenmarksnerv. d. Frosch. Graz. 1868.

на лягушкахъ, съ отнятыми полушаріями, съ нервовъ возбуждаются прежде всего спинной и продолговатый мозгъ (отражательные и локомоторные центры).

Во всѣхъ опытахъ къ буссоли отводился поперечный разрѣзъ и продольная поверхность продолговатаго мозга. Раздраженіе производилось или съ обоихъ сѣдалищныхъ нервовъ разомъ, или съ передней поверхности спинного мозга, при посредствѣ глиняныхъ электродовъ. Раздражителями служили: отдѣльные индукціонные удары, замыканія и размыканія баттарейнаго тока, тетанизированіе и поляризація въ теченіе нѣсколькихъ минутъ и раздраженіе нервовъ поваренной солью. Понятно, наконецъ, что наблюденію подлежали какъ эффекты, непосредственно слѣдующіе за приложеніемъ или прекращеніемъ раздраженія, такъ и дѣйствія продолжительнаго раздраженія.

10. Эффекты слабыхъ отрывистыхъ раздраженій нервовъ, т.-е. отдѣльныхъ индукціонныхъ ударовъ и замыканій + размыканій слабыхъ баттарейныхъ токовъ, всего удобнѣе наблюдать тотчасъ за происшедшимъ спонтаннымъ колебаніемъ. На рефлекторныхъ аппаратахъ такое раздраженіе даетъ отраженное вздрагиваніе (Zuckung), а здѣсь—незначительное отрицательное колебаніе (до 15 sc.). Если же раздраженіе падаетъ передъ наступленіемъ спонтаннаго колебанія, то небольшое отклоненіе непосредственно инпереходитъ въ спонтанный разрядъ. Усиленіе отдѣльныхъ индукціонныхъ ударовъ не даетъ ничего новаго, а съ усиленіемъ баттарейныхъ токовъ получаются все болѣе и болѣе значительныя отрицательныя колебанія, не уступающія по величинѣ сильнымъ спонтаннымъ разрядамъ, притомъ все равно, прикладывается ли раздраженіе вслѣдъ за сильнымъ спонтаннымъ колебаніемъ или въ фазу покоя. Точно такъ же дѣйствуетъ частый рядъ индукціонныхъ ударовъ, resp. замыканій + размыканій баттарейныхъ токовъ.

Значитъ, *аналогія съ экситомоторными эффектами, при соотвѣтственныхъ отрывистыхъ раздраженіяхъ нерва, полная:* большая чувствительность къ баттарейнымъ токамъ, чѣмъ къ индукціоннымъ и суммированіе отдѣльныхъ возбуждающихъ толчковъ.

11. Въ слѣдующемъ затѣмъ ряду опытовъ имѣлось въ виду рѣшить вопросъ, насколько гальваническіе эффекты возбужденій въ продолговатомъ мозгу отъ замыканій и размыканій по нерву

токовъ разной силы и разныхъ направленій соотвѣтствуютъ закону возбужденій Пфлюгера. Здѣсь попутно пришлось наблюдать дѣйствіе продолжительной поляризаціи нерва, такъ какъ послѣ замыканія тока приходилось держать его замкнутымъ, пока происшедшее отъ замыканія отклоненіе магнита не прекращалось. Для того же, чтобы возбужденія отъ замыканій и размыканій не смѣшивать со спонтанными колебаніями, постоянный токъ всегда замыкался тотчасъ за спонтанными колебаніями, т.-е. въ періодъ ослабленной возбудимости продолговатаго мозга. Поэтому пришлось ограничиться дѣйствіемъ сильныхъ токовъ (3 Даніэля); тѣмъ болѣе, что на двигательномъ нервѣ только послѣдніе даютъ рѣзкія разницы между эффектами восходящихъ и нисходящихъ токовъ. Для направленій поляризующаго тока по нерву удержаны прежнія наименованія и въ прежнемъ смыслѣ.

Чтобы дать возможность читателю оріентироваться сразу въ числахъ приводимой ниже табл. III, я опишу ихъ значенія для перваго изъ опытовъ, № 12. Въ 1-й графѣ и верхней строкѣ слѣва приведены спонтанные разряды въ теченіе 4′—5′ до раздраженія. Числа верхней строки въ послѣдующихъ 4-хъ графахъ суть данныя одного опыта. Первое число въ каждой графѣ, отпечатанное толстымъ шрифтомъ, есть отклоненіе магнита, произведенное замыканіями и размыканіями тока. Въ графѣ, обозначенной словомъ «замыканіе», поляризація нерва длится 4′—5′ и столько же времени длится наблюденіе послѣ размыканія тока. Значитъ, всѣ числа въ таблицѣ, кромѣ отпечатанныхъ толстымъ шрифтомъ, суть спонтанные разряды. (См. табл. на стр. 51).

Числа, напечатанныя толстымъ шрифтомъ въ опытахъ 12—16, суть отрицательныя колебанія тока, отведеннаго отъ продолговатаго мозга, явно показываютъ, что нашъ восходящій сильный токъ даетъ эффекты, согласные съ тѣми, которые даетъ по Пфлюгеру сильный нисходящій токъ по двигательному нерву (въ обоихъ случаяхъ отрицательные полюсы обращены въ сторону возбуждаемаго органа); а для эффектовъ нашего нисходящаго тока согласія съ эффектами восходящаго по двигательному нерву нѣтъ (въ обоихъ случаяхъ + обращенъ въ сторону возбуждаемаго органа). Существованіе въ опытахъ 13, 14, 15 и 16 замыкательныхъ эффектовъ, при токахъ въ 3 Даніэля, показа-

Таблица III.

№	Передъ раздраж.	Токъ нисходящій (отъ центра).		Токъ восходящій (къ центру).	
		Замыканіе.	Размыканіе.	Замыканіе.	Размыканіе.
12	21, 4, 8, 8	**0**, 15, 12, 11, 8, 5, 9	**19**, 4. 6. 6, 8, 15, 16	**28**, 10, 14, 7, 20, 18	**0**, 17, 21, 19
		37, 23, 19, 22, 4, 9	3, 4, 20, 7, 25, 27	**30**, 22, 17, 20, 17	**0**, 16, 16
	45, 24, 23, 30, 32			**45**. 1. 20. 21. 24. 21. 20. 17. 21. 16	**0**, 20, 15, 16, 14, 14
13		**12**. 10. 10. 11. 16. 15. 15. 14. 12. 10. 10. 8. 9. 8. 11. 13. 14. 8. 4. 6. 9	**26**. 5. 9. 3. 3. 8. 2. 9. 7. 3. 2. 0		
14	42, 50, 42, 40	**12**, 34, 35, 4, 22, 8	**66**. 9. 9. 12, 12, 18, 14	**79**, 30, 20	**70**, 15, 27
		8, 8, 0, 0	**54**, 16		
15	50, 61, 96, 30, 45 54, 65, 43, 25	**22**, 20, 95, 66, 18, 43, 24, 24	3, 40, 23, 42, 58	**113**, 54, 32, 42, 46	**3**, 21, 45
16	25, 27, 31, 30	**15**, 21. 16. 22. 37, 17, 28. 16. 36	**47**. 20. 6. 10. 18. 22, 20, 90, 60, 63, 63	**120**, 20, 38, 60	**3**, 35, 72, 73
		68, 63, 50, 74	**17**+**70**, 5, 64, 65		
	20, 26, 30, 41	**60**, 28, 28, 30	**28**, 34, 29, 40	**78**	**0**, 53
17				**19**, 30, 30, 28	**18**. 14. 33. 33. 33. 19. 28. 24
				14, 25. 30. 29. 21. 18. 18. 15. 12. 15. 20. 18	**41**, 15, 45, 32
		40. 17. 40. 18. 21. 15. 14. 18. 16	**22**, 6, 19, 15, 15		

лось мнѣ настолько удивительнымъ, что въ опытѣ 17, для провѣрки, были взяты 4 Даніэля, и тѣмъ не менѣе замыкательный эффектъ получился попрежнему, даже сильнѣе размыкательнаго. Фактъ этотъ достоинъ дальнѣйшаго разслѣдованія.

12. Что касается до эффектовъ продолжительной (въ теченіе 4′—5′) поляризаціи нервовъ, то они заключаются не столько въ измѣненіи величины спонтанныхъ колебаній, сколько въ учащеніи ихъ. Учащеніе часто доходитъ до того, что разряды слѣдуютъ другъ за другомъ безъ всякихъ промежутковъ; эти случаи обозначены въ таблицѣ не запятыми между числами, соотвѣтствующими промежуткамъ, а точками. Въ такихъ случаяхъ колебанія получаются очень маленькія. Противъ мысли, что такое учащеніе колебаній производится петлями сильныхъ токовъ съ нерва на спинно-мозговую ось, говоритъ уже то обстоятельство, что явленіе получается и по прекращеніи поляризаціи. Кромѣ того, ниже мы встрѣтимся еще разъ съ такими же явленіями при условіяхъ, исключающихъ всякую мысль о петляхъ раздражающаго тока. Тамъ же будетъ выясненъ смыслъ этихъ явленій.

13. Въ опытахъ съ поляризаціей спинного мозга токъ прикладывался къ переднимъ столбамъ этого органа и настолько далеко отъ отведеннаго къ буссоли участка (для избѣжанія петель въ этотъ участокъ), что задній электродъ поляризующаго тока падалъ на мѣсто отхожденія изъ поясничнаго утолщенія корешковъ. Поэтому нельзя утверждать, чтобы въ получаемыя явленія не замѣшивались эффекты раздраженія послѣднихъ. Но, съ другой стороны, естественно думать, что возбужденія съ корешковъ мало чѣмъ разнятся отъ возбужденій съ нервныхъ стволовъ; поэтому, насколько поляризація спинного мозга даетъ результаты отличные отъ поляризаціи нервовъ, настолько первые могутъ быть приписаны дѣйствію тока на спинной мозгъ.

Прежде всего было однако нужно удостовѣриться, насколько явленія, при данномъ расположеніи отводимыхъ и раздражающихъ электродовъ, свободны отъ врыванія петель поляризующаго тока въ цѣпь гальванометра. Съ этой цѣлью я сравнивалъ на одномъ и томъ же препаратѣ замыкательные эффекты, оставляя участокъ спинного мозга между обѣими парами электродовъ нетронутымъ и раздавливая его. Результаты приведены въ табл. IV. Знакъ + передъ напечатанными толстымъ шрифтомъ числа-

ми показываетъ, что отклоненіе произошло въ направленіи отведеннаго отъ продолговатаго мозга (попер. разр. и прод. пов.) тока, а знакъ — обратно. Всѣ остальныя числа суть спонтанныя колебанія. Поляризующій токъ названъ нисходящимъ, когда анодъ обращенъ къ продолговатому мозгу и наоборотъ. Когда отклоненія получались длительныя, то по достиженіи ими maximum'a, поляризующій токъ размыкался.

Таблица IV.

№	Сила тока.	Состояніе спинного мозга.	Передъ раздраженіемъ.	Замыканіе.	
				Восход. тока.	Нисход. тока.
18	1 Дан.	Цѣльн.	8, 6	— **410**, 0, 0	+ **140**, 14, 13, 10
		Раздавл.	7, 6, 4	**0**, 4	**0**, 4, 10
19	„	Цѣльн.	22, 24, 25	— **45**, 38, 26, 20	— **8**, 32, 40
		Раздавл.	32	**0**, 31, 39	**0**, 30
20	2 Дан.	Цѣльн.	19, 13, 13, 15	— **115**, 14, 15, 19	— **7**, 18, 28
		Раздавл.	10, 20, 12	— **1,5**	**0**
21	„	Цѣльн.	23, 44, 39	— **117**	+ **20**
		Раздавл.	10, 20, 12	— **15**	**0**
22	„	Цѣльн.	45, 45, 54	— **215**	— **179**
		Раздавл.	21, 26	— **17**	+ **19**, 26

Итакъ 1 Дан. не даетъ замѣтныхъ вѣтвей тока въ цѣпь гальванометра; но и 2 Дан. даютъ лишь слабыя отклоненія, могущія быть истолкованными въ этомъ смыслѣ [1]). Впрочемъ и для то-

[1]) Всѣхъ опытовъ съ поляризаціей спинного мозга мною было сдѣлано 42 и изъ нихъ въ 3 случаяхъ я получилъ явно врываніе петель въ цѣпь гальванометра: замыканіе тока бросало магнитъ съ большою силою въ сторону, при восходящемъ токѣ въ направленіи компенсирующаго тока, при нисходящемъ—въ обратную.

ковъ этой силы получились въ дальнѣйшихъ опытахъ несомнѣнные признаки невмѣшательства петель въ явленія при нисходящей поляризаціи спинного мозга. На этомъ основаніи въ послѣдующихъ опытахъ съ длительной поляризаціей спинного мозга приведены лишь опыты съ дѣйствіемъ нисходящихъ токовъ.

Длительная поляризація спинного мозга была предпринята съ цѣлью выясненія двухъ вопросовъ: существуютъ ли явленія электротона въ спинно-мозговой оси и не вліяетъ ли поляризація на величину спонтанныхъ разрядовъ. Результаты опытовъ приведены въ табл. V. Анодъ поляризующаго тока обращенъ къ продолговатому мозгу. Замыкательные эффекты обозначены толсто отпечатанными числами; знаку + передъ ними соотвѣтствуетъ отклоненіе въ направленіи отведеннаго отъ продолговатаго мозга тока; знаку — обратное. Всѣ остальныя числа суть спонтанныя колебанія. (См. табл. на стр. 55).

Можно было ожидать заранѣе, что замыканіе тока уже потому, что онъ падаетъ на массу чувствующихъ волоконъ, будетъ возбуждать продолговатый мозгъ, т.-е. давать отрицательныя колебанія отведеннаго отъ него тока, и числа таблицы со знакомъ — показываютъ это [1]). Единственное исключеніе представляетъ лишь опытъ 31, гдѣ отклоненіе произошло въ сторону отведеннаго покоющагося нерва. Судя по направленію, отклоненіе это произведено или электротоническимъ движеніемъ въ отведенномъ къ буссоли участкѣ, или петлями тока. Но противъ послѣдняго говорятъ случаи двойныхъ колебаній въ опытахъ 30 и 34, гдѣ начинающееся отрицательное колебаніе мгновенно переходитъ въ быстрое колебаніе въ противную сторону. Это можетъ быть объяснено лишь тѣмъ, что замыканіе тока по спинному мозгу даетъ одновременно возбужденіе, resp. отрицательное колебаніе, и электротоническое движеніе. Если бы въ явленія замѣшивались петли поляризующаго тока, то въ опытахъ 30 и 34 положительное отклоненіе было бы предшествующимъ, а не послѣдующимъ. Такимъ образомъ, всѣ полученные резуль-

---

[1]) Что эти колебанія не суть продукты петель въ цѣпь гальванометра, а отрицательныя колебанія отведеннаго отъ продолговатаго мозга тока доказываютъ несомнѣнно приводимые ниже опыты 53—57 (табл. VII), гдѣ нисходящій токъ по спинному мозгу замыкался во время тетанизаціи чувствующихъ нервовъ.

Таблица V.

№	Сила тока.	Передъ поляризацiей.	Нисходящ. поляризац.	Послѣ поляризацiи.
23	1 Даніэль.	25, 26, 25	— **40**, 38, 46, 46	21, 32, 21
24		26, 16	— **210**, 53, 50	30, 20
25		4, 3, 1	— **10**, 13, 30	
26		30, 33, 36 37, 44	— **90**, 90, 68 — **93**, 62, 76	37, 44 20, 36
27		30, 30	**0**, 60, 51	33, 30
28	2 Даніэля.	18, 32, 24	— **108**, 50, 88	43, 38, 25
29		58, 15, 20	+ **42**, 33, 95	17, 36, 20
30		27, 18	— **6**, 135, 113 + **35**	
31		2, 3	+ **215**, 16, 31, 39	0 0 0
32		14, 15 3, 20	— **3**, 33, 37 — **3**, 40, 33, 25	3, 20 25, 5, 38
33		7, 12, 6, 9 2, 2, 7, 5	— **18**, 15, 9, 6 — **11**, 7, 9, 8	2, 2, 7, 5 5, 8, 6
34		17, 22 12, 24 31, 26	— **10**, 12, 46 — **26**, 2, 33, 34 — **5**, 27, 24 + **7**	12, 24 31, 26 21, 13

таты могутъ быть объяснены слѣдующимъ образомъ: замыканіе поляризующаго тока даетъ два противоположныхъ движенія въ отведенномъ къ буссоли участкѣ: возбудительное и электротоническое; при слабой поляризаціи послѣднее не даетъ себя чувствовать (оп. 23—26); въ противность тому, что давно доказано на двигательномъ нервѣ (*Л. Германномъ*), электротоническое движеніе распространяется по спинно-мозговой оси медленнѣе возбудительнаго или, можетъ быть, развивается въ исход-

номъ пунктѣ медленнѣе послѣдняго; нулевое отклоненіе въ оп. 27 объяснимо какъ случай уравновѣшенія обоихъ отклоненій, а результатъ оп. 31—тѣмъ, что здѣсь поляризація упала на препаратъ съ очень низкой возбудимостью продолговатаго мозга, дававшаго едва замѣтныя спонтанныя колебанія (2 и 3 sc.). Внѣ этого объясненія двойственность отклоненія въ оп. 30 и 34 приводила бы къ мысли, что въ спинно-мозговой оси существуютъ пути, изъ коихъ одни при возбужденіи даютъ отрицательныя, а другія положительныя колебанія тока.

Сверхъ того всѣ числа таблицы V согласно указываютъ на усиленіе спонтанныхъ колебаній подъ вліяніемъ нисходящей поляризаціи, притомъ при условіи обратномъ тому, которое имѣетъ мѣсто на двигательномъ нервѣ, т.-е. въ сферѣ внѣполюснаго анэлектротона. Другими словами, *здѣсь*, какъ въ опытахъ *Гитцига* съ дѣйствіемъ баттарейнаго тока на корковое вещество мозга [1]), и въ согласіи съ тѣмъ, что было найдено нами выше на чувствующихъ нервахъ, *возбужденіе выходитъ изъ анода*.

Эффекты тетанизированія нервовъ.

14. Форма относящихся сюда опытовъ опредѣлялась моими прежними опытами въ Грацѣ съ соотвѣтствующимъ раздраженіемъ чувствующихъ нервовъ. Какъ тамъ, такъ и здѣсь употреблялась длительная тетанизація токами разной силы, при чемъ обращалось вниманіе на эффекты, вслѣдъ за началомъ раздраженія, во время тетанизаціи и по прекращеніи послѣдней. Токи саннаго аппарата были выравнены *Гельмгольтцевскимъ* придаткомъ; раздраженію подвергались обыкновенно оба сѣдалищные нерва (но и раздраженіе одного даетъ тѣ же эффекты); продолговатый мозгъ повсюду отводился поперечнымъ разрѣзомъ и продольной поверхностью.

Первыя ясныя дѣйствія тетанизаціи получаются при токахъ, дающихъ на мышцѣ съ нерва уже сильные тетанусы. Въ условіяхъ моихъ опытовъ (глиняные электроды) этому соотвѣтствуетъ отстояніе спиралей въ 200 мм.

Начинается явленіе отрицательнымъ колебаніемъ, безъ полнаго отступленія магнита назадъ, такъ что онъ остается отклонен-

---

[1]) Untersuchungen üb. d. Gehirn. Berlin, 1874, S. 32—36.

нымъ въ отрицательную сторону и при дальнѣйшей тетанизаціи; изъ этого новаго положенія начинаются спонтанные разряды. *По величинѣ, сравнительно съ нормой, они всегда уменьшены, въ большинствѣ случаевъ учащены и очень рѣдко замедлены.* Перерывъ раздраженія возвращаетъ магнитъ въ сторону покоя, и развивающіеся затѣмъ спонтанные разряды слѣдуютъ другъ за другомъ менѣе быстро, если они были учащены во время тетанизаціи и наоборотъ.

Съ усиленіемъ раздраженія первичныя отрицательныя колебанія вообще усиливаются (но не всегда); постоянное отклоненіе въ смыслѣ непрерывнаго возбужденія продолговатаго мозга существуетъ и теперь; въ отношеніи же спонтанныхъ рязрядовъ получается слѣдующее:

спонтанные разряды, ослабѣвая и замедляясь, переходятъ при болѣе сильномъ раздраженіи въ покой, длящійся минуты.

При этомъ важно замѣтить, что остановка спонтанныхъ разрядовъ иногда получается при токахъ менѣе сильныхъ, чѣмъ остановка сердца съ бродящаго нерва.

Нерѣдко остановка прерывается въ теченіе первыхъ 3′ раздраженія однимъ, двумя маленькими разрядами; за этимъ же предѣломъ мнѣ случалось наблюдать нѣсколько значительныхъ колебаній съ послѣдующимъ вновь покоемъ. Чѣмъ чаще вообще раздражается препаратъ, тѣмъ скорѣе наступаютъ за остановкой разряды.

Послѣдствія сильной тетанизаціи тоже постоянны и

начинаются тотчасъ же за прекращеніемъ раздраженія или нѣсколько мгновеній спустя, въ видѣ отрицательнаго колебанія, часто болѣе сильнаго, чѣмъ разряды до раздраженія, за которыми слѣдуетъ рядъ частыхъ (иногда непрерывный) маленькихъ разрядовъ.

Въ то время какъ развиваются эти маленькіе разряды, магнитъ, бывшій непрерывно отклоненнымъ въ сторону возбужденія, медленно возвращается въ положеніе покоя.

Чтобы дополнить аналогію этихъ опытовъ съ моими прежними въ Грацѣ, я раздражалъ еще сѣдалищные нервы въ теченіе нѣсколькихъ минутъ поваренной солью, вслѣдъ за чѣмъ они перестригались выше раздражаемаго участка. Изъ 4 сдѣланныхъ въ

этомъ направленіи опытовъ одинъ (45) далъ результатъ сходный съ эффектами сильной тетанизаціи, а прочіе 3 дали, подобно тетанизаціи средней силы, учащеніе спонтанныхъ колебаній.

Во всѣхъ же случаяхъ, вслѣдъ за перерѣзкой нервовъ, мышцы тазоваго отрѣзка впадали въ отраженный тетанусъ.

Въ табл. VI, гдѣ собраны результаты этихъ опытовъ, числамъ, напечатаннымъ толстымъ шрифтомъ, соотвѣтствуютъ начальныя отрицательныя колебанія тока. (См. табл. на стр. 59).

Послѣ сказаннаго выше числа таблицы VI не требуютъ разъясненій, нужно только имѣть въ виду, что тетанизація нервовъ производилась непрерывно 3′—5′.

Итакъ, опыты дали слѣдующіе три результата:

a) *слабая тетанизація учащаетъ спонтанные разряды, ослабляя ихъ;*

b) *сильная тетанизація замедляетъ ихъ съ ослабленіемъ до полной остановки въ теченіе минутъ;*

c) *прекращеніе сильной тетанизаціи вызываетъ вслѣдъ за сильнымъ рязрядомъ частый рядъ слабыхъ.*

Если принять во вниманіе, что съ чувствующаго нерва возбуждается центральный органъ, дающій періодическіе разряды, родящіеся изъ импульсовъ въ немъ самомъ, то первый изъ этихъ трехъ эффектовъ, равно какъ сходный съ нимъ эффектъ поляризаціи нервовъ (табл. III), объясняется всего проще, какъ результатъ повышенной возбудимости продолговатаго мозга. Съ виду явленіе сходно съ учащеніемъ дыхательныхъ движеній при слабой тетанизаціи центральнаго отрѣзка перерѣзаннаго бродящаго нерва.

Что касается до замедленія и остановки разрядовъ при сильной тетанизаціи, то этотъ эффектъ безъ всякаго сомнѣнія аналогиченъ съ замедленіемъ сердцебіеній и остановкой ихъ при тетанизаціи vagi. Въ самомъ дѣлѣ, какъ въ томъ, такъ и въ другомъ случаѣ возбуждается черезъ приводящій нервъ органъ, внутри котораго развиваются періодически двигательные импульсы; какъ тамъ, такъ и здѣсь эффекты тетанизаціи тождественны; какъ тамъ, такъ и здѣсь остановка движеній не можетъ быть сведена на истощеніе дѣйствующихъ центровъ; въ нашемъ случаѣ это доказываетъ сильное развитіе спонтанныхъ колебаній вслѣдъ за прекращеніемъ тетанизаціи. Словомъ,

замедленіе и остановка спонтанныхъ разрядовъ есть случай

Таблица VI.

№	Родъ раздраженія.	Отстояніе спирал. въ мм.	Передъ раздражен.	Во время раздраженія.	Послѣ раздраженія.
35	Слабая тетанизація нервовъ.	200	10, 21, 10, 27, 25	**22**. 2. 3. 7. 15, 18	15, 13, 12
		150		**21**. 8. 5. 9. 10. 2. 3, 7	10, 12, 11
		100		**30**, 13, 15	11, 14, 9
36		200	40, 46, 49	**79**, 26. 28. 16. 23. 21. 24	17, 13, 15, 14
		180		**53**. 11. 8. 11. 10. 10, 0	1, 1, 19
37		180	20, 11, 11	**51**, 6. 7. 9, 8, 9	9, 3, 7
38		200	15, 25, 14, 16	**50**, 10, 11	5. 5. 7, 15
		170		**46**, 2, 17, 20	5, 8
		100		**36**, 0	21, 3. 2. 6. 3, 0
39	Сильная тетанизація нервовъ.	100	29, 31, 18, 18	**33**, 3, 5, 10	19, 23, 17, 16
				32, 2, 2	42, 21, 17
40		100	17, 34, 23, 27, 33, 24	**195**. 5, 5, 2	39. 14. 26, 23. 31
				39, 18	27, 9. 17. 18, 0
				26, 18	16. 7. 12, 0
41		75	10, 10, 6, 24	**19**, 2	15. 12. 10. 6. 6. 7. 8. 7. 6. 7
			8, 6, 8, 7	**10**, 1	30, 28. 19. 14. 10, 0
			10, 14, 11	**24**, 3	25, 7, 19, 9
42		83	32, 38	**16**, 4	54. 36, 24, 26
				10, 30	54. 16. 20. 24. 27, 17
			35, 30	**18**, 6, 20	49. 21. 26, 27, 13
			27, 25, 26, 23	**16**, 0	50. 29, 22, 14
43		83	50, 40, 23, 33, 74	**97**, 0	33. 17. 26. 37. 30. 7. 30. 30. 28
			26, 32, 38, 32	**46**, 0	40, 25, 24, 16
			31, 30	**54**, 2, 1, 25	18. 21. 29, 17
44	NaCl и перестриганіе.		16, 16, 16	**13**, 15, 5, 12, 13, 4. 3. 5, 13, 4	90, 20, 6, 19
45			32, 27, 23, 29	**0**, 4, 5	45. 33. 31. 33. 14. 17
46			11, 11, 14, 10	**6**, 6, 1, 1, 9, 10, 3	45, 2, 3. 13, 9
47			54, 20, 90 123, 72	**0**, 35, 28, 26, 35, 32, 3, 65, 25	60. 21. 32. 20. 23, 20, 23, 23, 11. 23, 15

задерживающаго или тормозящаго дѣйствія—то, что нѣмцы выражаютъ словомъ *Hemmungsvorgang*.

Наконецъ, эффектъ, послѣдующій за прекращеніемъ сильной тетанизаціи, объясняется всего проще слѣдующимъ образомъ: *въ то время какъ происходитъ задержка двигательныхъ импульсовъ, возбуждаемый органъ продолжаетъ заряжаться энергіей и въ теченіи остановки, длящейся минуты; къ концу раздраженія ея накопляется столько, что по прекращеніи тормозящихъ вліяній, она переливается,* такъ сказать, *черезъ край, выражаясь усиленнымъ рядомъ разрядовъ.*

Выше было сказано, что опыты тетанизаціи предпринимались между прочимъ съ цѣлью сопоставить полученные результаты съ тѣмъ, что было найдено въ прежнихъ опытахъ раздраженія чувствующихъ нервовъ лягушки. Этимъ мы и займемся.

Опыты на лягушкахъ съ отнятыми полушаріями.

Результатъ длительнаго раздраженія нервовъ вообще двоякій: рядомъ съ вызываемымъ движеніемъ наблюдаются болѣе или менѣе рѣзкіе признаки ослабленія рефлекторной дѣятельности (угнетеніе кожной чувствительности).

При слабомъ раздраженіи двигательный эффектъ преобладающій или даже исключительный.

При сильномъ раздраженіи преобладаетъ, наоборотъ, угнетеніе движеній и кожной чувствительности. При сильномъ раздраженіи наблюдается даже сразу угнетеніе движенія.

Перерывъ слабаго раздраженія не даетъ замѣтныхъ эффектовъ; а прекращеніе сильнаго, и именно въ періодъ угнетенія движеній и кожной чувствительности, вызываетъ сильныя движенія съ возстановленіемъ кожной чувствительносьи.

Эффекты длительнаго раздраженія нервовъ поваренной солью сходны съ эффектами сильной тетанизаціи.

Гальваническія явленія на продолговатомъ мозгу.

Гальваническій эффектъ длительнаго раздраженія нервовъ вообще двоякій: рядомъ съ вызываемыми отрицательными колебаніями получаются болѣе или менѣе рѣзкіе признаки угнетенія дѣятельности продолговатаго мозга.

Слабое раздраженіе даетъ лишь отрицательныя колебанія, безъ признаковъ угнетенія.

При сильномъ раздраженіи преобладаетъ угнетеніе спонтанныхъ разрядовъ, доходящее до полной остановки ихъ.

Перерывъ слабаго раздраженія не даетъ замѣтныхъ гальваническихъ эффектовъ; а прекращеніе сильнаго и именно въ періодъ угнетенія спонтанныхъ разрядовъ, вызываетъ усиленные противъ нормы разряды.

Гальваническіе эффекты длительнаго раздраженія нервовъ Nacl сходны съ эффектами сильной тетанизаціи.

Нужно ли говорить, что со стороны двигательныхъ эффектовъ и угнетенія ихъ аналогія между обоими рядами полная? Внѣ аналогіи остается пока лишь угнетеніе кожной чувствительности, замѣченное въ прежнихъ опытахъ; но и это лишь до тѣхъ поръ, пока остается недоказаннымъ, что явленіе производится не какими-либо измѣненіями въ периферическомъ аппаратѣ кожи, а тѣми же самыми причинами, которыя лежатъ въ основѣ угнетенія движеній (въ пользу послѣдняго говоритъ уже то обстоятельство, что оба явленія всегда наблюдаются рядомъ), такое доказательство даютъ слѣдующіе за симъ опыты.

Если угнетеніе кожной чувствительности производится измѣненіями не на периферіи чувствующаго аппарата, а въ центрѣ, то явленіе всего проще объяснимо угнетеніемъ возбудимости центра. Узнать это на животномъ съ нетронутой спинно-мозговой осью едва ли возможно; но на вынутой изъ своего вмѣстилища оси вопросъ разрѣшимъ въ случаѣ, если въ дѣло замѣшивается возбудимость спинного мозга.

15. Выше мы видѣли, что нисходящая поляризація спинного мозга даетъ въ одно и то же время два эффекта: возбужденіе, выражающееся въ отведенномъ къ буссоли продолговатомъ мозгу отрицательнымъ колебаніемъ и противоположнымъ по направленію электротоническимъ движеніемъ. Если слѣдовательно сильная тетанизація нервовъ угнетаетъ возбудимость спинного мозга, то приложеніе къ нему тока въ нисходящемъ направленіи должно ослаблять или уничтожать первый изъ эффектовъ поляризаціи, не препятствуя другому. Отсюда естественно вытекала слѣдующая форма опытовъ: продолговатый мозгъ отводился поперечнымъ разрѣзомъ и продольной поверхностью; спинной мозгъ перекидывался черезъ электроды нисходящаго тока; а нервы сильно тетанизировались. Прежде всего, до начала тетанизаціи, нисходящій токъ замыкался, чтобы получить вызванное имъ отрицательное колебаніе; затѣмъ начиналась тетанизація и какъ во время ея, такъ и по ея прекращеніи нисходящій токъ повторительно замыкался, чтобы видѣть, какъ измѣнилась теперь величина отрицательнаго колебанія. Сдѣланные въ этомъ направленіи опыты собраны въ табл. VII.

Числамъ съ предстоящими знаками + и — соотвѣтствуютъ эффекты замыканія тока по спинному мозгу во время тетанизаціи

нервовъ и по прекращеніи оной. Знаку — соотвѣтствуютъ возбуждающіе эффекты, а знаку + электроническіе. Числа безъ знаковъ суть спонтанныя колебанія. (См. табл. на стр. 63).

Сравненіемъ по величинѣ отрицательныхъ колебаній до тетанизаціи съ соотвѣтствующими явленіями во время оной [за исключеніемъ послѣднихъ колебаній въ тройныхъ отклоненіяхъ, объ которыхъ рѣчь будетъ ниже] прямо доказывается угнетающее дѣйствіе тетанизаціи нервовъ на возбудимость спинного мозга. Въ томъ же смыслѣ говоритъ фактъ появленія, при тетанизаціи нерва, электротоническихъ движеній, отсутствовавшихъ передъ тетанизаціей, т.-е. пересиленныхъ тогда отрицательными колебаніями. Въ ту же сторону говорятъ, наконецъ, и опыты съ замыканіями восходящаго тока, насколько и здѣсь получено ослабленіе отрицательныхъ колебаній (послѣднее число въ опытѣ 53 получилось въ концѣ тетанизаціи, когда въ продолговатомъ мозгу начинаютъ развиваться послѣ угнетенія спонтанные разряды). Но какъ объяснить появленіе тройныхъ колебаній, изъ которыхъ послѣднее, отрицательное, обыкновенно довольно значительно, притомъ не только во время тетанизаціи, но иногда и по прекращеніи оной (оп. 49, 50, 52 и 55)?

Если принять, что угнетеніе возбудимости спинного мозга длится долѣе угнетенія продолговатаго, то факты тройныхъ отклоненій во время тетанизаціи объяснимы очень просто. Въ опытахъ табл. VII тетанизація нервовъ длилась не менѣе 3′; и тройныя отклоненія появлялись всегда въ концѣ оной; а выше мы видѣли, что за этимъ предѣломъ въ продолговатомъ мозгу, несмотря на продолжающуюся тетанизацію нервовъ, начинаютъ развиваться спонтанныя колебанія и иногда довольно значительныя (напр., въ табл. VI оп. 40, 42 и 43).

Стало-быть къ эффекту слабаго толчка изъ спинного мозга, выражающемуся двумя отклоненіями со знаками — и + присоединяется вызванное этимъ же толчкомъ спонтанное отклоненіе. Что же касается до тройныхъ отклоненій по прекращеніи тетанизаціи, особенно въ опытахъ 50 и 55, гдѣ они появились вслѣдъ за двумя спонтанными колебаніями, то это явленіе невольно напоминаетъ общеизвѣстный фактъ на лягушкѣ повторительной остановки сердца по прекращеніи раздраженія vagi, длившагося минуты. Другими словами, явленіе объяснимо или особенно

Таблица VII.

№	Направл. поляриз. тока.	Эффекты замыканія поляризац. тока. Передъ тетаниз.	Эффекты замыканія поляризац. тока. Во время тетанизаціи.	Эффекты замыканія поляризац. тока. Послѣ тетанизаціи.	Видъ раздраженія нерв.
48	Нисходящій.	— 10	$\begin{matrix}-2\\+8\end{matrix}$; $\begin{matrix}-2\\+10\end{matrix}$ $\begin{matrix}-0{,}5\\+8\end{matrix}$; $\begin{matrix}-3\\+4\end{matrix}$	— 57	Тетанизированіе.
49	Нисходящій.	— 35	$\begin{matrix}-6\\+41\end{matrix}$, $\begin{matrix}-22\\+7\end{matrix}$; $\begin{matrix}-9\\+9\end{matrix}$; $\begin{matrix}-7\\+9\\-57\end{matrix}$ $\begin{matrix}-3\\+24\end{matrix}$, $\begin{matrix}-2\\+15\end{matrix}$, $\begin{matrix}-2\\+13\end{matrix}$, $\begin{matrix}-3\\+10\end{matrix}$ $\begin{matrix}-2\\+11\end{matrix}$, $\begin{matrix}-1\\+16\end{matrix}$, $\begin{matrix}-1{,}5\\+15\end{matrix}$	60; — 16, — 6, $\begin{matrix}-4\\+14\end{matrix}$; 62	Тетанизированіе.
50	Нисходящій.	— 46	$\begin{matrix}-1\\+28\end{matrix}$, $\begin{matrix}-3\\+3\end{matrix}$; $\begin{matrix}-2\\+7\\-31\end{matrix}$ $\begin{matrix}-0{,}5\\+26\end{matrix}$; $\begin{matrix}-0{,}5\\+4\\-31\end{matrix}$	32; — 73 $\begin{matrix}-0{,}5\\+2\\-19\end{matrix}$; 15, 18; $\begin{matrix}-3\\+2\\-30\end{matrix}$	Тетанизированіе.
51	Нисходящій.	— 61	0, 0, + 8, — 4; — 6	42, 32, 27, 17, 32	Тетанизированіе.
52	Нисходящій.	— 51	$\begin{matrix}-3\\+23\end{matrix}$; $\begin{matrix}-3\\+19\end{matrix}$; $\begin{matrix}-2\\+10\\-30\end{matrix}$; $\begin{matrix}-4\\+7\\-48\end{matrix}$	$\begin{matrix}-5\\+5\\-30\end{matrix}$; $\begin{matrix}-4\\+4\\-38\end{matrix}$; 38	Тетанизированіе.
			Тетан. токъ усиленъ. $\begin{matrix}-2\\+8\end{matrix}$; $\begin{matrix}-3\\+3\\-11\end{matrix}$; $\begin{matrix}-2\\+2\\-10\end{matrix}$	21; — 13	Тетанизированіе.
53	Восходящій.	— 145	— 25; — 46; 50 — 96; — 160	Въ этихъ опытахъ тетанизація длилась 5′.	Тетанизированіе.
54	Восходящій.	— 220	— 148; — 150		Тетанизированіе.
55	Нисходящій.	— 92	45, 55, 32, + 50 $\begin{matrix}-2\\+37\end{matrix}$, $\begin{matrix}-3\\+8\end{matrix}$	47, 19, 34, $\begin{matrix}-2\\+3\\-42\end{matrix}$	Раздраженіе NaCl.
56	Нисходящій.	— 78	0; 48; $\begin{matrix}-11\\+2\end{matrix}$; — 57 $\begin{matrix}-3\\+18\end{matrix}$ $\begin{matrix}-1\\+11\end{matrix}$ 23, 30, 2, 13, 0, 0, 25	68, 28, 21, — 35 50, 0, 39, 30, 40, 0	Раздраженіе NaCl.

мозгу по всей его длинѣ и въ продолговатомъ [1]). Что касается, наконецъ, до отсутствія признаковъ угнетенія, то оно объясняется очень просто слѣдующимъ образомъ: при *поверхностномъ* раздраженіи (поваренной солью) такихъ разрѣзовъ, возбужденіе, оставаясь въ сферѣ того небольшого кожно-мышечнаго участка, на центры котораго подѣйствовало раздраженіе, не распространяется на ниже лежащія части спинного мозга. Поэтому раздраженія въ верхней половинѣ послѣдняго не могли отражаться чувствительнымъ образомъ на рефлексахъ заднихъ конечностей. Наоборотъ, возбужденіе съ поперечныхъ разрѣзовъ зрительныхъ чертоговъ и верхнихъ слоевъ продолговатаго мозга (двигательные и угнетательные), распространяется по всей спинно-мозговой оси.

---

1) Въ томъ, что раздраженіе зрительныхъ чертоговъ передается въ продолговатый мозгъ, убѣждаетъ слѣдующій опытъ: раздраженіе поперечнаго разрѣза зрительныхъ чертоговъ поваренной солью останавливаетъ сердце въ діастолѣ.

О поглощеніи угольной кислоты соляными растворами.

Ueb. d. Absorption d. CO_2 durch Salzlos.
Mémoires de l'acad. imp. d. sc. de St. Pétersbourg. VII Série. T. XXII, № 6. 1875.

ВВЕДЕНІЕ.

Извѣстно, что въ процессахъ такъ называемаго дыхательнаго обмѣна угольной кислоты кровь играетъ роль лишь посредницы между тканями тѣла и внѣшнею средою. — При каждомъ оборотѣ ея по тѣлу она встрѣчаетъ въ тканяхъ уже готовую угольную кислоту, насыщается ею соотвѣтственно существующему напряженію газа и затѣмъ, протекая по дыхательнымъ органамъ, легкимъ или жабрамъ, освобождается отъ зачерпнутаго газа, чтобы при новомъ оборотѣ вновь насыщаться имъ и опять освобождаться въ дыхательныхъ снарядахъ. Извѣстны, кромѣ того, условія со стороны газа, при которыхъ становятся возможными обѣ противоположныя фазы процесса: — доказано, что даже въ легкихъ съ развѣтвленною и вдавленною въ тѣло полостью, гдѣ нѣкоторое количество выдѣлившагося изъ крови газа всегда застаивается, напряженіе CO_2 среднимъ числомъ все-таки слабѣе, чѣмъ въ тканяхъ. Слѣдовательно, съ этой стороны первая половина процесса соотвѣтствуетъ случаю насыщенія жидкости газомъ при нѣсколько сильнѣйшемъ напряженіи его, а вторая—выдѣленію газа изъ той же жидкости въ среду слабѣйшаго напряженія. Но далеко не такъ просты условія дыхательнаго обмѣна CO_2 со стороны крови. Съ тѣхъ самыхъ поръ, какъ стало извѣстно, что кровь (или по крайней мѣрѣ ея жидкая часть), какъ щелочная жидкость, должна поглощать CO_2 химически, въ особенности же со времени опытовъ *Л. Мейера*, показавшихъ, что

изъ крови въ невозобновляемую пустоту выдѣляется при кипяченіи лишь незначительная часть находящейся въ ней CO_2, вопросъ возникъ впервые во всей сложности. — Съ тѣхъ поръ пришлось искать разгадки явленій въ солеобразныхъ соединеніяхъ угольной кислоты съ щелочами крови—искать такихъ солеобразныхъ соединеній, въ которыхъ угольная кислота, или по крайней мѣрѣ часть ея, относилась бы къ различнымъ условіямъ давленія наподобіе растворѳннаго газа. Стремленіе было совершенно законно, такъ какъ оно вытекало изъ фактовъ, а между тѣмъ съ 1857 года, когда это было ясно сознано, поиски выразились только опытами *Ферне* надъ двумя солями, встрѣчающимися въ крови, да теоретическими соображеніями *Сертоли* о вѣроятной роли соединеній бѣлковъ съ щелочами въ дыхательномъ обмѣнѣ угольной кислоты. Такимъ образомъ, потребность въ познаніи отношеній этого газа къ солянымъ растворамъ была настоятельна, а изслѣдованій въ этой обширной области никакихъ не существовало. Испытавъ на самомъ себѣ всю тщету усилій распутать трудный вопросъ о состояніи CO_2 въ крови безъ предварительнаго знакомства съ законами поглощенія этого газа соляными растворами, я предпринялъ изслѣдованіе надъ солями, съ мыслью примѣнить выработанныя данныя къ явленіямъ поглощенія того же газа различными составными частями крови.

Исторія вопроса о поглощеніи CO_2 соляными растворами очень коротка: кромѣ опытовъ *Ферне* [1]), *Лот. Мейера* [2]), *Лот. Мейера и Гейденгайна* [3]) и моихъ [4]), притомъ надъ растворами только двухъ солей, средняго углекислаго натра и двуметальнаго фосфорнокислаго натра, никакихъ систематическихъ изслѣдованій не существуетъ. Тѣмъ не менѣе работамъ первыхъ двухъ изслѣдователей въ этой почти нетронутой области мы обязаны очень много въ томъ отношеніи, что они установили нормы для поглощенія CO_2 водными растворами такихъ солей, которыя имѣютъ химическое сродство къ этому газу. Опыты ихъ показали именно, что во всѣхъ подобныхъ случаяхъ величины поглощенія CO_2 слагаются изъ двухъ половинъ, изъ которыхъ одна не зависитъ отъ давленія—и это есть *величина химическаго поглощенія,*—а другая измѣняется съ давленіемъ по закону *Дальтона—часть газа, растворенная въ солямомъ растворѣ.* Вмѣстѣ съ этимъ они дали въ руки изслѣдователя очень легкое правило вычислять обѣ половины поглощеннаго газа—химически связанную и растворенную. О дальнѣйшихъ заслугахъ всѣхъ приведенныхъ изслѣдователей будетъ упомянуто въ спеціальной части труда.

Методъ изслѣдованія.

Мой абсорпціометръ (фиг. 3) устроенъ по типу аппаратовъ *Ферне* и *Лот. Мейера,* т.-е. состоитъ изъ пріемника для погло-

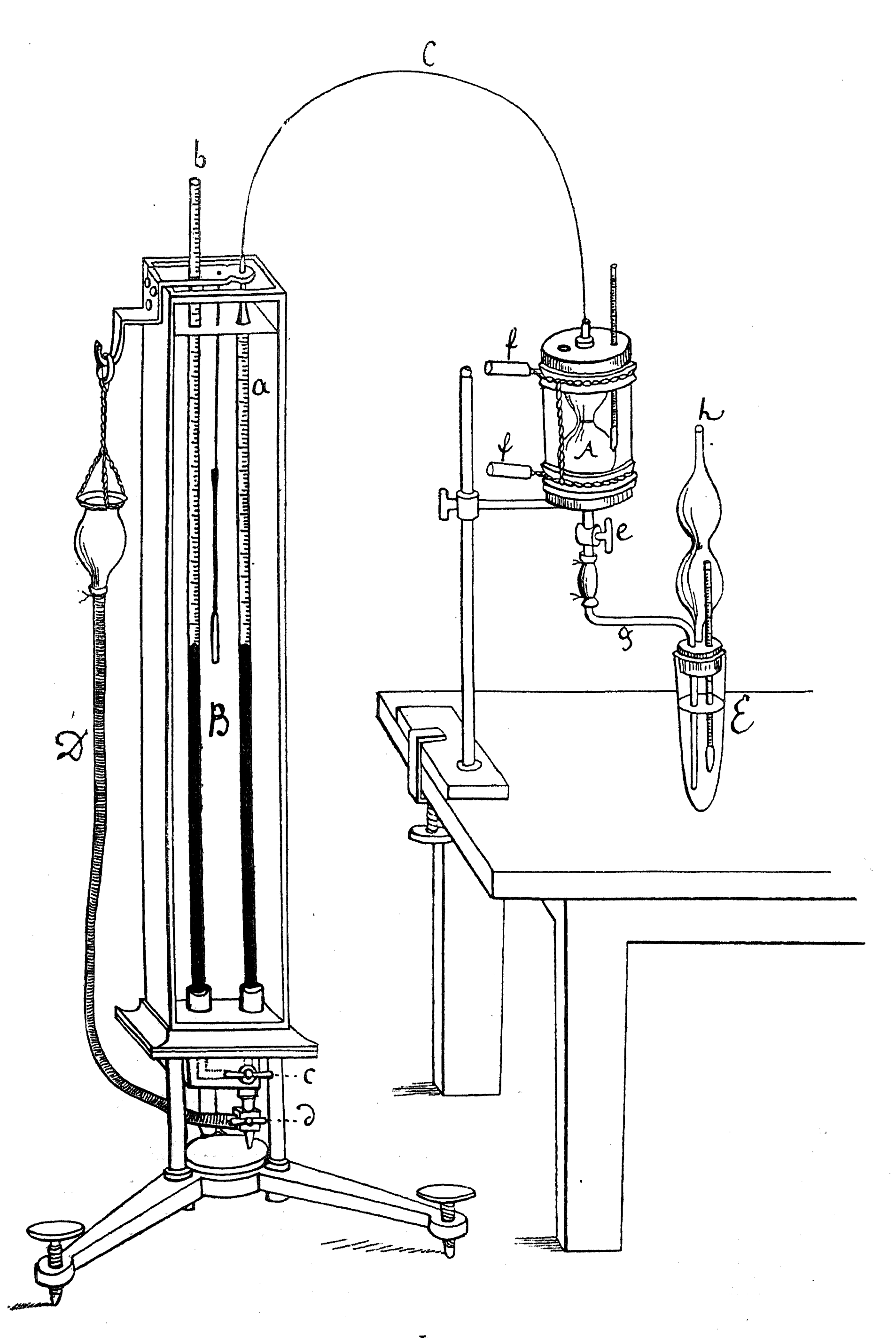
---

1) Du rôle des princ. èlém. du sang dans la rèsp. Ann. d. Sciences nat., quatr. sèrie. 1857.

2) Die Gase des Blutes, Zeitschr. f. rat. Med., n. F., Bd. VIII 1857.

3) Ueb. d. Verh. d. Kohleshäure u. s. w. Stud. d. physiol. Inst. zu Breslau, 1863.

4) Ueb. d. Abs. in ihr. Anw. u. s. w. Pflüger's Arch. f. ges. Physiol. 1873. Такъ какъ этимъ исчерпываются всѣ источники, то впослѣдствіи при упоминаніи относящихся къ нимъ фактовъ, будутъ цитироваться лишь имена авторовъ.



Фиг. 3.

щающей жидкости и связаннаго съ нимъ манометра, но отличается отъ нихъ слѣдующими существенными особенностями: какъ пріемникъ для жидкости *A*, такъ и манометръ *B* окружены столбами воды и соединены другъ съ другомъ серебряной или платиновой капиллярной трубкой *C*. Въ столикъ на треножникѣ (фиг. 3) съ регулирующими винтами, служащій основаніемъ для привинчиваемаго къ нему четырехугольнаго цинковаго ящика съ зеркальными стеклами спереди и сзади, вдѣлана металлическая оправа для манометрическихъ трубокъ *a* и *b*. Сообщающій ихъ другъ съ другомъ ходъ въ оправѣ (изображенный пунктиромъ) перерванъ подъ трубкой *a*, какъ въ манометрѣ *Реньо* трехъ-ходовымъ краномъ *c*. Другой трехъ-ходовой кранъ *d* на выводной трубкѣ манометра, съ поперечнымъ отросткомъ, служитъ для соединенія полостей манометрическихъ трубокъ съ каучуковымъ рукавомъ *D*, служащимъ для наполненія ихъ ртутью, resp. для регулированія напряженія газа въ трубкѣ *a*. Въ столикѣ имѣется, кромѣ того, выводная трубка для воды изъ цинковаго ящика. Длина трубки *a* превышаетъ нѣсколько 800 мм.; верхнимъ съуженнымъ концомъ она едва доходитъ до верхняго уровня цинковаго ящика; тогда какъ трубка *b* длиннѣе и выступаетъ изъ этого уровня. Обѣ трубки раздѣлены по всей длинѣ на миллиметры.

Длина металлической капиллярной трубки *C*, около 50 см., при ея гибкости, оказывается уже достаточной, чтобы придать связи между манометромъ и пріемникомъ A ту степень подвижности, которая необходима при манипуляціяхъ взбалтыванія жидкости съ поглощаемымъ газомъ (см. ниже). Обоими свободными концами трубка *C* впаивается въ пробуравленные стальные цилиндры и уже послѣдніе вмазываются въ пригнанные къ нимъ по калибру, съуженные концы трубки *a* и пріемника A. Емкость *A* и *a* калибруется ртутью до опредѣленной черты на ихъ съуженныхъ концахъ, раньше чѣмъ вмазываются цилиндры; послѣдніе же вмазываются какъ разъ до этой черты.

Пріемникъ имѣетъ форму двухъ шаровъ съ узкимъ перехватомъ между ними и чертами на перехватѣ. Нижній шаръ наполняется испытуемою жидкостью до той или другой черты на перехватѣ; когда же пріемникъ для взбалтыванія жидкости съ газами приводится въ горизонтальное положеніе, то половина жидкости переливается въ верхній шаръ, и взбалтываніе ея съ

газомъ происходитъ въ обоихъ шарахъ. Выводная трубка пріемника *A*, снабжена краномъ *e*, держащимъ пустоту, и на продолженіе ея подъ краномъ разъ навсегда навязана толстостѣнная каучуковая трубка для соединенія пріемника съ сосудомъ *E*.

Въ нижнемъ днѣ стекляннаго цилиндра, окружающаго пріемникъ *A* есть трубка для выпуска воды; въ верхней крышкѣ его три отверстія; затыкаемыя пробками: одно для термометра, другое для вливанія воды; третье для мѣшалки (гусинаго пера). Рукоятки *ff* берутся въ руки, когда пріемникъ приводится для взбалтыванія въ горизонтальное положеніе.

При опытахъ съ соляными растворами, имѣющими, какъ извѣстно, напряженіе паровъ отличное отъ напряженія паровъ чистой воды и всегда меньшее, операціи наполненія абсорпціометра угольной кислотою должно предшествовать введеніе 1—2 капель воды въ верхнюю часть трубки *a*. Съ этой цѣлью послѣдняя наполняется изъ каучуковаго рукава *D* до верху ртутью; затѣмъ опусканіемъ того же рукава черезъ открытый кранъ *e* пріемника *A* насасывается вода, пока не упадетъ капля ея въ *a*; послѣдующимъ подниманіемъ рукава вода изъ пріемника удаляется. Кромѣ того, газъ вводится въ аппаратъ, насыщенный водяными парами до температуры опыта (CO_2 проводится изъ генератора сначала черезъ растворъ $CNaHO_3$, а за нимъ черезъ слой воды).

Очень удобнымъ генераторомъ, дающимъ непрерывный токъ CO_2 въ теченіе 2 часовъ, служилъ Кипповскій снарядъ съ мраморными осколками и разведенной соляной кислотой. Послѣдняя вдавливалась въ него изъ запаснаго резервуара сжатымъ воздухомъ. Передъ введеніемъ CO_2 трубки *a* и *b* наполняются на половину высоты ртутью. Самое же введеніе газа въ аппаратъ приходилось дѣлать такъ называемымъ французскимъ способомъ, т.-е. путемъ повторительнаго выкачиванія изъ него воздуха съ послѣдовательнымъ впусканіемъ CO_2. На сей конецъ по пути газа отъ генератора къ нижнему открытому концу пріемника *A* помѣщались: ртутный клапанъ, дававшій ходъ газу однимъ колѣномъ въ *A*, а другимъ,—когда путь въ абсорпціометръ временно закрывался,—черезъ слой ртути наружу; и неподвижно укрѣпленная на столѣ *T*-образная трубка съ 3-ходовымъ краномъ, повертываніемъ котораго на 90^0 туда и сюда пріемникъ *A* то сообщался съ непрерывно работающимъ воздушнымъ насосомъ (при

чемъ путь для газа въ абсорпціометръ запирался и онъ шелъ тогда черезъ ртуть), то съ генераторомъ. Операціи эти начинались не ранѣе какъ черезъ часъ отъ начала развитія CO_2 въ генераторѣ и по окончаніи ихъ входъ и выходъ изъ содержащихъ промывныя жидкости Вульфовыхъ склянокъ герметически запирался. Вообще всѣ пріемы для полученія совершенно чистаго газа были, конечно, напередъ испробованы.

Легко понять, что при такомъ способѣ введенія газа, а также при помощи 3-ходоваго крана на его пути, въ аппаратъ можетъ быть введенъ газъ любого напряженія въ предѣлахъ одной атмосферы. Кончается эта операція запираніемъ крана *e*, и тогда объемъ CO_2 передъ поглощеніемъ занимаетъ всю полость пріемника *A*, трубку *C*, соединяющую его съ манометромъ, и верхнюю часть трубки *a* до извѣстной высоты. Считываніемъ этого объема газа, его давленія и температуры въ обоихъ столбахъ воды, доведенной до желаемой температуры, первая половина опыта кончается. Для удобства вычисленія всѣ газовые объемы сведены въ моихъ опытахъ на 0^0 и 1 м. давленія. Понятно, что при этомъ и *Бунзеновскіе* коэффиціенты поглощенія отнесены не къ 760 мм., а къ 1 метру давленія.

Слѣдующая затѣмъ операція освобожденія изслѣдуемой жидкости отъ газовъ состоитъ изъ двухъ половинъ: сначала жидкость, которой нужно брать среднимъ числомъ вдвое больше противъ объема, вводимаго въ абсорпціометръ, кипятится въ сосудѣ *E*, не связанномъ еще съ пріемникомъ *A*, а затѣмъ во 2-й разъ послѣ того, какъ они связаны другъ съ другомъ (какъ это показано на фиг. 3). Въ обоихъ случаяхъ жидкость кипятится при помощи воздушнаго насоса и согрѣванія сосуда *E* болѣе или менѣе горячей водой. Такъ какъ при кипяченіи растворовъ концентрація ихъ измѣняется, то послѣ перваго выкачиванія газовъ убыль воды пополняется съ маленькимъ избыткомъ на потерю при второмъ кипяченіи, длящемся лишь нѣсколько минутъ, пока жидкость не поднимется въ трубкѣ *g* почти до одного уровня съ окружающею жидкостью. Тогда, при продолжающейся работѣ воздушнаго насоса (онъ дѣйствуетъ черезъ выводную трубку *b*), горячая вода замѣняется ледяной, и какъ только жидкость охладится до температуры опыта, въ *E* впускается воздухъ, *g* наполняется жидкостью до крана *e* и послѣдній осторожно отво-

ряется. Введенный въ аппаратъ газъ имѣетъ обыкновенно напряженіе менѣе атмосфернаго, поэтому жидкость входитъ въ пріемникъ сама собою. Операція кончается запираніемъ крана *e*, когда жидкость наполнитъ нижній шаръ пріемника до опредѣленной черты на узкомъ перехватѣ. Переведеніе жидкости изъ *E* въ *A* длится 1′—2′; она берется со дна сосуда, и уровень ея въ *E* понижается спокойно; слѣдовательно соприкосновеніе поверхности жидкости съ впущеннымъ воздухомъ совершенно безвредно для порціи, поступающей въ абсорпціометръ.

Убѣдившись послѣ этого, что вода въ обоихъ столбахъ имѣетъ требуемую температуру, пріемникъ приводится въ горизонтальное положеніе, удерживается въ немъ за рукоятки и повторительно взбалтывается, пока ртуть не перестанетъ подниматься въ трубкѣ *a*.

Опыты съ водою.

Чтобы опредѣлить валовую величину ошибокъ, сдѣланы были опыты поглощенія CO_2 водою, при чемъ было принято, что въ предѣлахъ давленія, не превышающихъ 250 мм. (въ моихъ опытахъ давленіе колеблется въ этихъ предѣлахъ), угольная кислота не представляетъ уклоненій отъ закона *Маріотта*, расширяется отъ тепла одинаково съ воздухомъ и поглощается водой по закону *Дальтона* [1]).

Опыты эти собраны въ нижеслѣдующей табл. I, гдѣ *V* обозначаетъ объемъ жидкости, *t* температуру поглощенія, *p* давленіе и *A*—величину поглощенія (объемъ газа сведенный на 0^0 и 1 м.). Послѣдующіе два столбца показываютъ, насколько поглощеніе уклоняется отъ закона *Дальтона*; а въ послѣднемъ, подъ знакомъ *α*, приведены *Бунзеновскіе* коэффиціенты поглощенія.

Объемъ поглощающей жидкости *V* и величины поглощенія здѣсь, какъ и во всѣхъ послѣдующихъ опытахъ, приведены въ куб. см.; давленіе—въ мм. ртути. (См. табл. на стр. 75.)

Итакъ, изъ приведенныхъ опытовъ (равно какъ приводимыхъ ниже сотенъ другихъ) оказывается, что уклоненія въ нашихъ числахъ отъ закона *Дальтона* сказываются на 2-мъ десятичномъ знакѣ для валовыхъ величинъ поглощенія и на 3-мъ для коэффи-

---

[1]) Послѣднее вытекаетъ изъ опытовъ *Лугинина* и *Ханыкова* (Ann. de ch. et de phys. Quatr. série.—T. XI. 1867).

Таблица I.

№	V	t	p	A	$A_1 \times \frac{p_2}{p_1}$	Разница въ к. см.	a
1	50,18	37⁰—37,5⁰ C.	432,53 570,68	12,35 16,42	16,30	+ 0,12	0,569 0,573
2	„	„	369,85 474,95	10,57 13,51	13,57	— 0,06	0,569 0,569
3	37,05	24⁰ C.	771,42 874,87	22,07 24,96	25,03	— 0,07	0,772 0,772
4	37,35	23⁰ C.	774,39 889,17	23,05 26,52	26,46	+ 0,06	0,796 0,796
5	45,65	21,7⁰ C.	673,50 812,75	25,30 30,68	30,53	+ 0,15	0,823 0,827
6	37,20	21⁰ C.	764,31 867,97	23,84 27,07	27,07	0	0,838 0,838
7	45,60	19,3⁰ C.	653,75 849,43	26,34 34,33	34,22	+ 0,11	0,883 0,886
8	45,84	18,38⁰ C.	634,26 903,00	26,05 37,10	37,09	+ 0,01	0,896 0,896
9	45,84	17,6⁰ C.	645,63 814,43	27,51 34,91	34,78	+ 0,13	0,929 0,935
10	32,20	17,1⁰ C.	767,00 918,80	23,78 28,22	28,25	— 0,03	0,961 0,961
11	45,60	15,2⁰ C.	563,68 718,28	25,96 33,15	33,08	+ 0,07	1,010 1,012
12	45,72	„	654,33 866,10	30,15 40,13	39,91	+ 0,22	1,008 1,013
13	36,65	„	721,10 804,90 874,50	26,73 29,71 32,34	29,83 32,39	— 0,12 — 0,05	1,011 1,007 1,009
14	37,05	„	718,50 814,40 875,20	26,87 30,44 32,67	30,46 32,73	— 0,02 — 0,06	1,009 1,009 1,008

ціентовъ растворенія. Отсюда вытекаетъ для насъ слѣдующее важное практическое правило:

всякое крупное уклоненіе валовыхъ величинъ поглощенія отъ требованій закона Дальтона въ первомъ десятичномъ знакѣ, получаемое при среднихъ величинахъ давленія (въ предѣлахъ 1 атмосферы), *есть уже достовѣрное указаніе, что мы имѣемъ дѣло не съ простымъ раствореніемъ газа въ жидкости.*

Другой не менѣе важный въ практическомъ отношеніи выводъ касается наименьшихъ опредѣлимыхъ величинъ химическаго поглощенія. Такъ какъ послѣднія высчитываются изъ валовыхъ величинъ поглощенія, заключающихъ ошибку во 2-мъ десятичномъ знакѣ, помощію коэффиціентовъ растворенія, съ ошибкой въ 3-мъ знакѣ, и затѣмъ помножаются, соотвѣтственно давленію, то на единицы, то на десятки; то понятно, что въ случаѣ слабыхъ давленій, ошибка въ величинахъ химическаго поглощенія будетъ лежать во 2-й десятичной цифрѣ, а для сильныхъ и въ 1-й, т.-е. въ сотыхъ или десятыхъ доляхъ 1 куб. см. CO_2 при 0^0 и 1 м.. По вѣсу (1 gr. CO_2 соотвѣтствуетъ 386,444 куб. см. при 0^0 и 1 м.) она будетъ слѣдовательно лежать между 0,002 и 0,0002 gr. CO_2.

Вычисленіе величинъ поглощенія растворами, связывающими CO_2 химически.

Въ основу вычисленія *Ферне* и *Лот. Мейеръ* положили мысль, что CO_2 (или вообще всякій газъ, имѣющій химическое сродство къ поглощающей жидкости) прежде всего насыщаетъ химическія притяженія жидкости, затѣмъ растворяется въ ней, какъ въ жидкости, относящейся уже индифферентно къ CO_2. Химическое поглощеніе они признали притомъ не зависящимъ отъ напряженія поглощаемаго газа, а величину растворенія—подчиненной закону *Дальтона*. Это и даетъ возможность вычислять обѣ половины поглощеннаго газа изъ двухъ абсорпціометрическихъ опредѣленій при разныхъ давленіяхъ.

Пусть будутъ: V—объемъ поглощающей жидкости; p_1 p_2 p_3—давленія; A_1 A_2 A_3—соотвѣтствующія имъ величины валового поглощенія при 0^0 и 1 м.; x—коэффиціентъ химической абсорпціи, тоже при 0^0 и 1 м., т.-е величина химическаго поглощенія на единицу объема жидкости и наконецъ y—коэффиціентъ раство-

ренія въ *Бунзеновскомъ* смыслѣ. Тогда для 3 абсорпціометрическихъ опредѣленій, при возрастающихъ давленіяхъ p_1, p_2 и p_3, будемъ имѣть:

$$\left.\begin{aligned} Vx + V\frac{p_1}{1000}y &= A_1; & x + \frac{p_1}{1000}y &= \frac{A_1}{V} \\ Vx + V\frac{p_2}{1000}y &= A_2; \quad \text{или} & x + \frac{p_2}{1000} &= \frac{A_2}{V} \\ Vx + V\frac{p_3}{1000}y &= A_3; & x + \frac{p_3}{1000} &= \frac{A_3}{V} \end{aligned}\right\} \ldots 1)$$

Откуда

$$\left.\begin{aligned} \frac{A_2 - A_1}{p_2 - p_1} &= \frac{Vy}{1000} \\ \frac{A_3 - A_2}{p_3 - p_2} &= \frac{Vy}{1000} \end{aligned}\right\} \ldots\ldots\ldots 2)$$

Другими словами, поглощеніе происходитъ во всѣхъ подобныхъ случаяхъ такимъ образомъ, что изъ возможныхъ послѣдствій *Дальтоновскаго* закона остается удовлетворенной пропорціональность разностей цѣльныхъ величинъ поглощенія съ разностями соотвѣтствующихъ давленій.

Частное $\frac{A_2 - A_1}{p_2 - p_1}$ очевидно находится изъ опытовъ очень легко и можетъ быть употреблено для опредѣленія Vx и y. Если принять въ самомъ дѣлѣ

$$\frac{Vy}{1000} = Q,$$

или

$$y = \frac{Q \cdot 1000}{V} \ldots\ldots\ldots\ldots 3)$$

то изъ уравненія общаго вида

$$Vx = A - \frac{V \cdot p \cdot y}{1000}$$

получимъ

$$Vx = A - p \cdot Q \ldots\ldots\ldots\ldots 4)$$

На дѣлѣ, однако, оказалось, что даже въ случаяхъ, изслѣдованныхъ *Ферне* и *Лот. Мейеромъ*, высчитываніе величинъ поглощенія по ихъ способу не даетъ вѣрныхъ результатовъ, потому что коэффиціентъ y, выведенный по формулѣ 3, не остается при разныхъ давленіяхъ постояннымъ и въ большинствѣ случаевъ превышаетъ даже коэффиціентъ CO_2 въ водѣ данной темпера-

туры, вслѣдствіе чего величина химическаго поглощенія (Vx) получается менѣе дѣйствительной. Причина этого уклоненія будетъ выяснена ниже, теперь же замѣтимъ что для случаевъ, когда поглощеніе происходитъ не точно по закону *Ферне* и *Лот. Мейера*, мною найдено средство вносить въ расчетъ поправку.

Приступая къ изслѣдованію, мнѣ предстояло двигаться въ неизслѣдованной области, потому что опыты моихъ предшественниковъ надъ двумя встрѣчающимся въ крови солями ($CNa_2\,O_3$ и $PNa_2\,HO_4$) не содержали въ себѣ никакихъ общихъ показаній, кромѣ только-что указанныхъ. Поэтому пришлось браться за изслѣдованіе безъ опредѣленнаго плана—имѣлось лишь въ виду знакомиться съ явленіями на растворахъ солей, образованныхъ слабыми и сильными кислотами, изучая въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ зависимость явленій отъ концентраціи жидкости, напряженія поглощаемаго газа и температуры. Но и изъ этого плана пришлось выбросить изученіе вліянія температуры, потому что при устройствѣ моего абсорпціометра опыты при температурахъ, сильно отличающихся отъ температуры рабочей комнаты, оказались крайне затруднительными. Для всѣхъ сравнительныхъ опытовъ съ солями разныхъ кислотъ брались соли натрія и поглощеніе производилось при $15{,}2^0$ C. Эта температура была взята потому, что подходила къ температурѣ моей рабочей комнаты и давала, кромѣ того, для воды коэффиціентъ растворенія CO_2 близкій къ единицѣ, чѣмъ значительно облегчался, какъ увидимъ, расчетъ опытовъ.

I.

Опыты съ растворами солей, поглощающими CO_2 химически.

Углекислый натръ

(Na_2 CO_3).

Основной законъ поглощенія CO_2 слабыми растворами этой соли былъ установленъ *Ферне* и подтвержденъ позднѣйшими опытами *Л. Мейера* и *Гейденгайна*; поэтому здѣсь на мою долю выпало лишь болѣе подробное изученіе зависимости явленій отъ давленія. Послѣ первыхъ двухъ опытовъ во всѣхъ остальныхъ высчитывались напередъ ожидаемыя величины химическаго поглощенія по количеству взятой для опыта солы. Всѣ опыты собраны въ нижеслѣдующей табл. II, гдѣ V, t, p и A имѣютъ то же значеніе, что въ табл. I, а подъ y и Vx разумѣются величины поглощенія, выведенныя по формуламъ *Ферне*. Въ послѣднемъ столбцѣ тѣ же величины Vx, но исправленныя, вычисленныя инымъ путемъ (см. ниже). Объемъ поглощающей жидкости V и всѣ газовые объемы (A и оба Vx), сведенные на 0^0 и 1 м. приведены здѣсь, какъ и во всѣхъ послѣдующихъ таблицахъ, въ кубическихъ сантиметрахъ. (См. табл. на стр. 80 и 81.)

Первое, что бросается въ глаза въ числахъ этой таблицы,—это значительныя колебанія вычисленныхъ по формуламъ *Ферне* коэффиціентовъ растворенія и величинъ химическаго поглощенія (въ графахъ подъ знаками y и Vx). Первые должны были бы оставаться постоянными при разныхъ давленіяхъ и всегда нѣсколько меньше коэффиціентовъ для воды той же температуры; а они почти всюду (за исключеніемъ опытовъ 17 и 29) выше ихъ (при $15,2^0$ C. коэффиціентъ для воды—1,01; при $18,2^0$—0,91; при 12^0, по *Бунзену*,—1,1018). Въ опытахъ 19 и 23 уклоненія ихъ дохо-

Таблица II.

№	V	t	p	A	y	Vx	Исправл. Vx.
15	50,179	15,2⁰ C.	28,69 540,06 719,59	14,409 41,015 50,004	1,03 0,997	12,92 13,97 13,97	12,95 13,64 13,53
16	50,179	15,2⁰ C.	73,66 466,54 524,64 607,67	13,128 32,881 35,745 40,122	1,00 0,982 1,05	9,43 9,88 8,09 8,09	9,39 9,24 9,15 9,33
100 куб. см. сод. 0,141 gr. CNa_2 O_3; ожид. велич. $Vx = 10,31$ к.см. CO_2.							
17	45,62	15,2⁰ C.	129,54 138,44	16,151 16,482	0,8152	11,34	10,18 10,10
18	»	»	356,48 407,50 427,50	26,497 28,999 29,969	1,0749 1,063	9,01 9,24	10,07 10,22 10,30
19	»	»	497,05 553,90 608,91	30,907 35,593 38,285	1,810 1,066	— 10,06 8,46	8,0 10,07 10,23
20	»	»	605,99 723,29 845,97	37,888 43,357 49,165	1,0199 1,039	9,69 9,0	9,96 9,98 10,19
21	»	18,2⁰ C.	633,34 733,03 861,34	36,130 40,541 45,934	0,969 0,9213	8,12 9,74	9,84 10,11 10,18
22	»	12⁰ C.	560,28 649,89 799,79	38,149 42,675 50,393	1,1069 1,126	9,86 10,0	10,0 10,0 10,19

№	V	t	p	A	y	Vx	Исправл. Vx
100 куб. см. раств. сод. 0,07 gr. CNa_2O_3; ожид. велич. $Vx = 5{,}15$ к. см. CO_2.							
23	45,62	15,2⁰ C.	246,19 275,92 293,87	16,028 18,074 18,197	1,508 0,150	— 0,91 10,18	4,68 5,36 4,65
24	„	„	376,52 451,83	22,043 25,786	1,089	3,33	4,70 4,90
25	„	„	417,34 468,11 528,05	24,024 26,285 29,408	0,9761 1,142	5,44 1,9	4,80 4,70 5,10
26	„	„	624,79 728,53 832,77 929,82	33,461 38,336 43,202 47,835	1,030 1,023 1,046	4,11 4,33 3,45	4,67 4,77 4,83 4,99
27	.	18,2⁰ C.	476,42 549,19 583,68	24,787 28,106 29,665	0,999 0,990	3,07 3,28	5,01 5,31 5,43
28	„	12⁰ C.	375,73 429,68 485,50	23,192 25,917 28,927	1,1069 1,141	4,22 3,56	4,30 4,32 4,53

дятъ до того, что для величинъ химическаго поглощенія получаются безсмыслицы—отрицательныя величины; а между тѣмъ ошибокъ въ наблюденіяхъ здѣсь не было, какъ это показываютъ исправленные *Vx* соотвѣтствующихъ опытовъ. Колебанія коэффиціентовъ растворенія и недочеты въ величинахъ химическаго поглощенія наблюдались *Лот. Мейеромъ* и *Гейденгайномъ*, но они не дали объясненія явленію. Объясняется же оно всего проще слѣдующимъ образомъ. Въ бикарбонатѣ часть CO_2 фиксирована, какъ извѣстно, непрочно, а въ жидкихъ растворахъ, какъ наши, связь ея съ основаніемъ разслаблена еще болѣе. При этомъ всѣ

мои опыты съ растворами солей, образованныхъ слабыми кислотами, показываютъ, что слабое химическое соединенiе CO_2 съ растворами всегда выражается тѣмъ, что нѣкоторая часть химически связаннаго газа находится въ зависимости отъ давленiя. Вотъ эта-то часть, присоединяясь къ растворенному газу, зависящему всецѣло отъ давленiя, и увеличиваетъ, при расчетѣ по формуламъ *Ферне*, коэффицiенты растворенiя, выводимые изъ валовыхъ величинъ поглощенiя.

Въ виду этого обстоятельства первымъ дѣломъ надо было отыскать поправку для величинъ y, чтобы убѣдиться, насколько моими опытами подтверждается законъ поглощенiя *Ферне*. Она была получена слѣдующимъ образомъ. — Каковы бы ни были истинныя величины y въ растворахъ, съ 0,141 gr. соли на 100 куб. см., и вдвое слабѣйшихъ, онѣ могутъ отличаться другъ отъ друга лишь очень незначительно. Поэтому изъ сравненiя второй валовой абсорпцiи (A) въ оп. 20 со второю же валовой абсорпцiей въ оп. 26, гдѣ давленiя, подъ которыми произошли поглощенiя, мало разнятся другъ друга (723,29 и 728,53) выходитъ, что при равенствѣ коэффицiентовъ растворенiя разность между валовыми величинами поглощенiя будетъ изображать величину химическаго поглощенiя слабѣйшимъ растворомъ, а удвоенное число соотвѣтственную величину болѣе крѣпкаго раствора. Отсюда понятно, что если вычесть 5,15 изъ 38,336 или 10,30 изъ 43,357 и взять среднее давленiе 725 между обоими случаями, то для искомой истинной величины y получится слѣдующее уравненiе:

$$y = \frac{33{,}1 \times 1000}{45{,}62 \times 725},$$

откуда y нѣсколько болѣе 1. Въ первыхъ двухъ опытахъ величина его колебалась всего меньше и среднее число изъ колебанiй оказалось равнымъ коэффицiенту поглощенiя водой (1,01 при 15,2° С.); поэтому числа послѣдняго столбца, подъ знакомъ «исправл. Vx», высчитаны для $t = 15{,}2^0$, $18{,}2^0$ и 12^0 коэффицiентами 1,01, 0,91 и 1,101. Одного взгляда на числа этого столбца достаточно, чтобъ убѣдиться въ близкомъ согласiи чиселъ каждаго изъ опытовъ въ отдѣльности и приблизительномъ согласiи всѣхъ вообще чиселъ съ ожидаемыми величинами химическаго поглощенiя. Другими словами, для слабыхъ растворовъ

законъ *Ферне* вѣренъ: химическое поглощенiе соотвѣтствуетъ полному превращенiю Na_2CO_3 въ 2 ($Na\,H\,CO_3$).

Первые два опыта (№№ 15 и 16) были вызваны слѣдующими соображенiями: поглощенiе CO_2 жидкой частью крови въ капиллярахъ приписывается почти исключительно содержащемуся въ ней CNa_2O_3; сверхъ того принимаютъ, что она насыщается угольной кислотой при напряженiи ея въ тканяхъ около 50 мм. ртути; наконецъ, опыты показываютъ, что, судя по щелочности этой жидкости, поглощенiе не доходитъ до превращенiя средняго карбоната въ кислый. Опыты 15 и 16 и были сдѣланы съ цѣлью рѣшить вопросъ, съ какихъ напряженiй CO_2 начинаетъ происходить недочетъ въ величинѣ химическаго поглощенiя. Въ опытѣ 15 былъ взятъ переходъ къ давленiямъ средней величины отъ напряженiя въ 28 мм. рт., а въ другомъ отъ 73,—отъ напряженiй, между которыми предполагаемое нормальное въ 50 мм. лежитъ посрединѣ. Опытъ 15 показалъ, что если и есть недочетъ поглощенiя при 28 мм. напряженiя противъ 500, то крайне незначительный.

Что касается, наконецъ, до замѣченнаго *Л. Мейеромъ* и *Гейденгайномъ* на густыхъ растворахъ CNa_2O_3 отставанiя величины химическаго поглощенiя отъ предѣла *Ферне*, то оно очень ясно подтвердилось слѣдующимъ моимъ опытомъ.

		45,62 к. см. сод. 0,265 гр. CNa_2O_3; ожид. $Vx = 42{,}5$ к. см. при 0^0 и 1 м.					
№	V	t	b	A	v	Vx	Испр. Vx.
29	45,62	15,2° C.	523,08 644,77 784,22	60,803 66,132 71,397	0,960 0,8276	37,9 41,79	39,49 39,86 39,46

Исправленное Vx высчитано коэффицiентомъ растворенiя среднимъ между полученными. Отставанiе Vx отъ предѣльной величины сказалось такъ рѣзко, что дальнѣйшихъ опытовъ въ этомъ направленiи я не дѣлалъ; тѣмъ болѣе, что емкость абсорпцiометра не допускала опытовъ съ густыми растворами.

Фактъ этотъ, resp. приближеніе величины химическаго поглощенія, съ разжиженіемъ раствора, къ опредѣленному предѣлу (образованію бикарбоната) представляетъ абсорпціометрическое доказательство, что химическому поглощенію CO_2 соотвѣтствуетъ реакція ея съ CNa_2O_3 въ диссоціированномъ состояніи, состоящая въ томъ, что CO_2 отнимаетъ отъ растворенной соли тѣмъ больше основанія, чѣмъ сильнѣе диссоціирована послѣдняя.

Бура
($B_4Na_2O_7 10H_2O$).

По термохимическимъ изслѣдованіямъ *Томсена* [1]), борная кислота по силѣ равна угольной; съ другой стороны, ей приписывается способность образовать полибораты (напр., гексаборатъ по Laurent). Поэтому я ожидалъ, что предѣльная реакція между бурой и CO_2 будетъ заключаться въ томъ, что послѣдняя отниметъ отъ первой половину основанія, съ образованіемъ двухъ кислыхъ солей. Въ прибавленіи къ бурѣ борной кислоты я видѣлъ далѣе средство къ рѣшенію вопроса объ отношеніи къ CO_2 полиборатовъ. Наконецъ, на случай, если бы дѣйствіе CO_2 на буру было связано съ выдѣленіемъ части борной кислоты, были нужны опыты съ растворами послѣдней.

Употреблявшаяся для опытовъ бура была перекристаллизована при температурѣ ниже 50^0 и, кромѣ того, промыта большимъ количествомъ воды, слѣдовательно содержала $10 H_2O$. Борная кислота взвѣшивалась для опыта въ расплавленномъ состояніи, и растворы ея оказались при испытаніи свободными отъ сѣрной кислоты.

Сначала я приведу опыты касательно величинъ химическаго поглощенія. Въ таблицѣ III, гдѣ они собраны, во 2-мъ столбцѣ слѣва показано количество соли въ граммахъ на 100 куб. см. раствора. (См. табл. на стр. 85).

Выходя изъ мысли, что поглощеніе будетъ происходить по формулѣ $B_4Na_2O_7 + CO_2 + H_2O = B_4Na\,HO_7 + CNaHO_3$, я ожидалъ въ опытѣ 30 величину химическаго поглощенія въ 49,15 куб. см. CO_2, а между тѣмъ она вышла несравненно больше и ртуть

[1]) Pogg. Ann. Bd. 140, pag. 520.

Таблица III.

№	Концентрац.	V	t	p	A	y	Vx	Исправ. Vx.
30	2,421	45,62	15,2° C.	92,01	104,94	—	—	—
				526,95	50,675	0,999	26,25	26,39
31	0,4842	„	„	630,89	55,414	1,062	24,84	26,34
				775,02	62,400			26,69
				600,47	40,869	0,995	13,51	13,21
32	0,2421	„	„	693,23	45,082	1,039	12,20	13,14
				843,45	52,205			13,34
				647,18	36,247	0,971	7,56	6,43
33	0,121	„	„	732,16	40,014	1,077	4,01	6,28
				878,00	47,187			6,73

въ газовой трубкѣ манометра (B) поднялась такъ высоко, что сдѣлать второе поглощеніе съ увеличеннымъ давленіемъ оказалось невозможнымъ [1]); поэтому ни y ни Vx не могли быть опредѣлены. Когда же вслѣдъ затѣмъ опытъ (№ 31) былъ сдѣланъ при концентраціи впятеро слабѣйшей, оказалось, что предѣльная величина химическаго поглощенія была достигнута. Если принять въ самомъ дѣлѣ коэффиціентъ растворенія CO_2 въ предѣлахъ концентрацій 0,4842—0,121 gr. неизмѣннымъ и равнымъ, наприм., коэффиціенту для воды при 15,2°C. (1,01), что приблизительно вѣрно, то высчитываніемъ помощью этого коэффиціента величинъ Vx въ опытахъ 31, 32 и 33 получаются числа послѣдняго столбца, относящіяся другъ къ другу, какъ соотвѣтствующія концентраціи, т.-е. какъ $1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{4}$. Несмотря на такое согласіе величинъ химическаго поглощенія съ концентраціей растворовъ и

1) Замѣчу разъ навсегда, что въ моемъ абсорпціометрѣ переходить отъ высокихъ давленій къ низкимъ нельзя, потому что тягой изъ пріемника въ манометръ уносятся частицы жидкости въ капиллярную трубку и закупориваютъ её.

Фактъ этотъ, resp. приближеніе величины химическаго поглощенія, съ разжиженіемъ раствора, къ опредѣленному предѣлу (образованію бикарбоната) представляетъ абсорпціометрическое доказательство, что химическому поглощенію CO_2 соотвѣтствуетъ реакція ея съ CNa_2O_3 въ диссоціированномъ состояніи, состоящая въ томъ, что CO_2 отнимаетъ отъ растворенной соли тѣмъ больше основанія, чѣмъ сильнѣе диссоціирована послѣдняя.

Бура
($B_4Na_2O_7 10H_2O$).

По термохимическимъ изслѣдованіямъ *Томсена* [1]), борная кислота по силѣ равна угольной; съ другой стороны, ей приписывается способность образовать полибораты (напр., гексаборатъ по Laurent). Поэтому я ожидалъ, что предѣльная реакція между бурой и CO_2 будетъ заключаться въ томъ, что послѣдняя отниметъ отъ первой половину основанія, съ образованіемъ двухъ кислыхъ солей. Въ прибавленіи къ бурѣ борной кислоты я видѣлъ далѣе средство къ рѣшенію вопроса объ отношеніи къ CO_2 полиборатовъ. Наконецъ, на случай, если бы дѣйствіе CO_2 на буру было связано съ выдѣленіемъ части борной кислоты, были нужны опыты съ растворами послѣдней.

Употреблявшаяся для опытовъ бура была перекристаллизована при температурѣ ниже 50^0 и, кромѣ того, промыта большимъ количествомъ воды, слѣдовательно содержала $10 H_2O$. Борная кислота взвѣшивалась для опыта въ расплавленномъ состояніи, и растворы ея оказались при испытаніи свободными отъ сѣрной кислоты.

Сначала я приведу опыты касательно величинъ химическаго поглощенія. Въ таблицѣ III, гдѣ они собраны, во 2-мъ столбцѣ слѣва показано количество соли въ граммахъ на 100 куб. см. раствора. (См. табл. на стр. 85).

Выходя изъ мысли, что поглощеніе будетъ происходить по формулѣ $B_4Na_2O_7 + CO_2 + H_2O = B_4Na HO_7 + CNaHO_3$, я ожидалъ въ опытѣ 30 величину химическаго поглощенія въ 49,15 куб. см. CO_2, а между тѣмъ она вышла несравненно больше и ртуть

---

[1]) Pogg. Ann. Bd. 140, pag. 520.

Таблица III.

№	Концентрац.	V	t	p	A	y	Vx	Исправ. Vx.
30	2,421	45,62	15,2° C.	92,01	104,94	—	—	—
31	0,4842	„	„	526,95 630,89 775,02	50,675 55,414 62,400	0,999 1,062	26,25 24,84	26,39 26,34 26,69
32	0,2421	„	„	600,47 693,23 843,45	40,869 45,082 52,205	0,995 1,039	13,51 12,20	13,21 13,14 13,34
33	0,121	„	„	647,18 732,16 878,00	36,247 40,014 47,187	0,971 1,077	7,56 4,01	6,43 6,28 6,73

въ газовой трубкѣ манометра (В) поднялась такъ высоко, что сдѣлать второе поглощенiе съ увеличеннымъ давленiемъ оказалось невозможнымъ [1]); поэтому ни y ни Vx не могли быть опредѣлены. Когда же вслѣдъ затѣмъ опытъ (№ 31) былъ сдѣланъ при концентрацiи впятеро слабѣйшей, оказалось, что предѣльная величина химическаго поглощенiя была достигнута. Если принять въ самомъ дѣлѣ коэффицiентъ растворенiя CO_2 въ предѣлахъ концентрацiй 0,4842—0,121 gr. неизмѣннымъ и равнымъ, наприм., коэффицiенту для воды при 15,2°C. (1,01), что приблизительно вѣрно, то высчитыванiемъ помощью этого коэффицiента величинъ Vx въ опытахъ 31, 32 и 33 получаются числа послѣдняго столбца, относящiяся другъ къ другу, какъ соотвѣтствующiя концентрацiи, т.-е. какъ $1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{4}$. Несмотря на такое согласiе величинъ химическаго поглощенiя съ концентрацiей растворовъ и

1) Замѣчу разъ навсегда, что въ моемъ абсорпцiометрѣ переходить отъ высокихъ давленiй къ низкимъ нельзя, потому что тягой изъ прiемника въ манометръ уносятся частицы жидкости въ капиллярную трубку и закупориваютъ её.

Фактъ этотъ, resp. приближеніе величины химическаго поглощенія, съ разжиженіемъ раствора, къ опредѣленному предѣлу (образованію бикарбоната) представляетъ абсорпціометрическое доказательство, что химическому поглощенію CO_2 соотвѣтствуетъ реакція ея съ CNa_2O_3 въ диссоціированномъ состояніи, состоящая въ томъ, что CO_2 отнимаетъ отъ растворенной соли тѣмъ больше основанія, чѣмъ сильнѣе диссоціирована послѣдняя.

Бура
($B_4Na_2O_7 10 H_2O$).

По термохимическимъ изслѣдованіямъ *Томсена* [1]), борная кислота по силѣ равна угольной; съ другой стороны, ей приписывается способность образовать полибораты (напр., гексаборатъ по Laurent). Поэтому я ожидалъ, что предѣльная реакція между бурой и CO_2 будетъ заключаться въ томъ, что послѣдняя отниметъ отъ первой половину основанія, съ образованіемъ двухъ кислыхъ солей. Въ прибавленіи къ бурѣ борной кислоты я видѣлъ далѣе средство къ рѣшенію вопроса объ отношеніи къ CO_2 полиборатовъ. Наконецъ, на случай, если бы дѣйствіе CO_2 на буру было связано съ выдѣленіемъ части борной кислоты, были нужны опыты съ растворами послѣдней.

Употреблявшаяся для опытовъ бура была перекристаллизована при температурѣ ниже 50^0 и, кромѣ того, промыта большимъ количествомъ воды, слѣдовательно содержала $10 H_2O$. Борная кислота взвѣшивалась для опыта въ расплавленномъ состояніи, и растворы ея оказались при испытаніи свободными отъ сѣрной кислоты.

Сначала я приведу опыты касательно величинъ химическаго поглощенія. Въ таблицѣ III, гдѣ они собраны, во 2-мъ столбцѣ слѣва показано количество соли въ граммахъ на 100 куб. см. раствора. (См. табл. на стр. 85).

Выходя изъ мысли, что поглощеніе будетъ происходить по формулѣ $B_4Na_2O_7 + CO_2 + H_2O = B_4NaHO_7 + CNaHO_3$, я ожидалъ въ опытѣ 30 величину химическаго поглощенія въ 49,15 куб. см. CO_2, а между тѣмъ она вышла несравненно больше и ртуть

---

1) Pogg. Ann. Bd. 140, pag. 520.

Таблица III.

№	Концентрац.	V	t	p	A	y	Vx	Исправ. Vx.
30	2,421	45,62	15,2° С.	92,01	104,94	—	—	—
31	0,4842	„	„	526,95 630,89 775,02	50,675 55,414 62,400	0,999 1,062	26,25 24,84	26,39 26,34 26,69
32	0,2421	„	„	600,47 693,23 843,45	40,869 45,082 52,205	0,995 1,039	13,51 12,20	13,21 13,14 13,34
33	0,121	„	„	647,18 732,16 878,00	36,247 40,014 47,187	0,971 1,077	7,56 4,01	6,43 6,28 6,73

въ газовой трубкѣ манометра (B) поднялась такъ высоко, что сдѣлать второе поглощенiе съ увеличеннымъ давленiемъ оказалось невозможнымъ [1]); поэтому ни y ни Vx не могли быть опредѣлены. Когда же вслѣдъ затѣмъ опытъ (№ 31) былъ сдѣланъ при концентрацiи впятеро слабѣйшей, оказалось, что предѣльная величина химическаго поглощенiя была достигнута. Если принять въ самомъ дѣлѣ коэффицiентъ растворенiя CO_2 въ предѣлахъ концентрацiй 0,4842—0,121 gr. неизмѣннымъ и равнымъ, наприм., коэффицiенту для воды при 15,2°С. (1,01), что приблизительно вѣрно, то высчитыванiемъ помощью этого коэффицiента величинъ Vx въ опытахъ 31, 32 и 33 получаются числа послѣдняго столбца, относящiяся другъ къ другу, какъ соотвѣтствующiя концентрацiи, т.-е. какъ $1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{4}$. Несмотря на такое согласiе величинъ химическаго поглощенiя съ концентрацiей растворовъ и

[1]) Замѣчу разъ навсегда, что въ моемъ абсорпцiометрѣ переходить отъ высокихъ давленiй къ низкимъ нельзя, потому что тягой изъ прiемника въ манометръ уносятся частицы жидкости въ капиллярную трубку и закупориваютъ её.

на крайнее согласіе чиселъ въ каждомъ изъ опытовъ между собою, что указываетъ на безошибочность абсорпціометрическихъ опредѣленій, результаты получились странные. Въ оп. 30, величина химическаго поглощенія навѣрно превышаетъ 98 к. см., т.-е. болѣе чѣмъ 2 CO_2 на пай буры; а въ оп. 31 она уже ближе къ 3 CO_2 на пай, но не доходитъ до этого предѣла и при дальнѣйшемъ разжиженіи.

Опытовъ съ подкисленіемъ буры борной кислотой было сдѣлано два: въ первомъ изъ нихъ къ 0,4842 гр. буры было прибавлено 0,0887 B_2O_3, т.-е. половинное содержаніе кислоты, а во второмъ вдвое больше и смѣси были разведены водой до 100 куб. см. Стало быть, жидкости соотвѣтствовали по содержанію буры раствору оп. 31. Результатъ вышелъ не менѣе неожиданный.

№	Концентр.	*V*	*t*	*p*	*A*	*y*	*Vx*	Испр. *Vx*.
34	0,4842 б. + 0,0887 б. к.	45,62	15,2° C.	510,56 601,82 735,97	49,417 54,804 59,972	1,29 0,844	19,28 31,62	25,90 27,08 26,06
35	0,4842 б. + 0,1774 б. к.	»	»	524,61 620,75 738,94	49,893 54,512 62,316	1,052 1,047	24,73 24,83	25,73 25,91 28,28

Оказалось именно, что величина химическаго поглощенія та же, что въ оп. 31, т.-е. нисколько не измѣнилась отъ прибавленія къ бурѣ борнаго ангидрида.

Судить объ этомъ и предшествующемъ результатѣ не берусь, потому что вопросъ объ отношеніи буры къ CO_2 едва затронутъ этими опытами. Замѣчу только, что и здѣсь вычисляемые по формулѣ *Ферне* коэффиціенты раствореній представляютъ такія же колебанія, какъ соотвѣтствующія величины въ опытахъ съ CNa_2O_3.

Въ заключеніе привожу опытъ съ растворомъ борной кислоты, для котораго было взято 0,354 гр. B_2O_3 на 100 к. см. воды.

№	V	t	p	A	$A_1 \frac{pm}{p_1}$	Коэфф. раствор.
			651,48	30,075	.	1,011
36	45,62	15,2⁰ C.	760,81	35,284	35,123	1,016
			886,88	40,955	40,942	1,012

Поглощеніе происходитъ по закону *Дальтона* съ коэффиціентомъ растворенія нѣсколько выше воднаго.

Среднiй фосфорнокислый натръ ($PNa_2HO_4 + 12\,H_2O$).

Первые абсорпціометрическіе опыты съ этой солью принадлежатъ *Ферне*. Изъ нихъ онъ вывелъ слѣдующія два заключенія: 1) что растворъ связываетъ химически на 1 пай соли 2 пая CO_2 (при старомъ обозначеніи, т.-е. при $C = 6$, $o = 8$), при чемъ, по его мнѣнію, фосфатъ превращается въ соединеніе сходное съ бикарбонатомъ (PO_5, $2\,CO_2$) ($2\,Na\,O$, HO); и 2) что жидкость растворяетъ газъ съ коэффиціентомъ нѣсколько меньшимъ, чѣмъ вода, и тѣмъ меньшимъ, чѣмъ гуще растворъ. При новомъ обозначеніи величина химическаго поглощенія соотвѣтствуетъ слѣдовательно CO_2 на $PNa_2\,HO_4$ (44 на 142).

Опыты *Ферне* были позднѣе повторены *Л. Мейеромъ* и *Гейденгайномъ;* при чемъ оба изслѣдователя нашли, что химическое поглощеніе въ указанномъ *Ферне* количественномъ отношеніи вѣрно только для очень слабыхъ растворовъ. Кромѣ того, они замѣтили, что выводимые изъ валовыхъ величинъ поглощенія коэффиціенты растворенія рѣзко повышаются съ усиленіемъ концентраціи раствора, значительно превосходя коэффиціенты растворенія CO_2 водою тѣхъ же температуръ. Обѣ эти находки остались, однако, въ ихъ изслѣдованіи не объясненными.

Что касается до теоретическаго взгляда *Ферне* на реакцію между CO_2 и фосфатомъ, то онъ въ сущности никѣмъ еще не былъ провѣренъ, несмотря на его очевидную искусственность и

на то, что по поводу этой реакціи уже *Берцеліусомъ* [1]) было высказано несравненно болѣе вѣроятное предположеніе, что CO_2 разлагаетъ фосфатъ, съ образованіемъ двухъ кислыхъ солей, т.-е. что реакція происходитъ по формулѣ

$$PNa_2HO_4 + CO_2 + H_2O = PNaH_2O_4 + CNaHO_3.$$

Такая неопредѣленность въ воззрѣніяхъ на этотъ процессъ въ его предѣльной формѣ была, впрочемъ, совершенно естественна, такъ какъ вопросъ о строеніи солей фосфорной кислоты выясненъ вполнѣ лишь въ недавнее время термо-химическими изслѣдованіями *Бертело* и *Лугинина* [2]); такъ какъ, съ другой стороны, детальная сторона химическаго поглощенія CO_2 (т.-е. зависимость его отъ давленія, температуры и пр.) оставалась не разработанной.

Прежде я приведу данныя, добытыя *Бертело* и *Лугининымъ*. Изъ нихъ самый существенный пунктъ для насъ заключается въ томъ, что теплота присоединенія 2-го пая NaHO къ фосфорной кислотѣ, или, что то же, теплота превращенія однометальнаго фосфата въ двуметальный, превышаетъ лишь въ незначительной степени (11,6 противъ 11,0) теплоту прямого образованія натріеваго бикарбоната. Такъ какъ теплота, развивающаяся при химическихъ реакціяхъ, есть выразитель прочности образовавшагося продукта, значитъ въ ряду

$$PNaH_2O_4 \qquad NaHO \qquad CO_2$$

величины притяженій крайнихъ членовъ на средній почти равны между собою. При полномъ равенствѣ ихъ всѣ три члена могли бы слѣдовательно образовать устойчивую систему симметричную въ обѣ стороны, потому что притяженіе слѣва соотвѣтствуетъ превращенію кислаго фосфата въ средній, а справа—образованію бикарбоната. Нѣтъ сомнѣнія, что при сказанномъ условіи приведенный рядъ могъ бы изображать дѣйствительный процессъ химическаго взаимодѣйствія между растворомъ двуметальнаго фосфата и поглощаемой имъ CO_2, потому что по составу и по содержанію CO_2 нашъ тройственный комплектъ соотвѣтствуетъ

---

[1]) Сноска на *Берцеліуса* заимствована мною изъ работы *Л. Мейера* и *Гейденгайна.*

[2]) Rech. therm. sur l'ac. phosp. et sur la constit. des phosphates. Ann. d. ch. et de ph. 5 serie. T. IX, 1876, p. 23—43.

образующейся по *Ферне* въ жидкости соли; а по внутреннему смыслу приближается къ идеѣ *Берцеліуса*, отличаясь отъ нея лишь тѣмъ, что хотя реакція и заключается въ разлагающемъ дѣйствіи CO_2 на фосфатъ, но не доходитъ до распаденія комплекса на двѣ кислыя соли, вслѣдствіе недѣлимости средняго члена и равенства притяженій на него со стороны крайнихъ членовъ.

Въ томъ же изслѣдованіи *Бертело* и *Лугинина* находится другой очень важдый для нашего вопроса пунктъ—опытный намекъ на то, что Na_2HPO_4 начинаетъ проявлять признаки разложенія водою [а оно обнаруживается, конечно, всего раньше тамъ, гдѣ связь наименѣе прочна, т.-е. между кислой солью и вторымъ паемъ основанія] уже при разжиженіи 3,55%-ныхъ растворовъ соли объемъ на объемъ (при 22°). Съ другой стороны, опытами *Лот. Мейера* и *Гейденгайна* на густыхъ растворахъ несомнѣнно установлены факты отставанія реакціи отъ предѣльной формы *Ферне* и очень рѣзкое повышеніе химическаго поглощенія CO_2, съ усиленіемъ ея напряженія. Эти факты уже несомнѣнно указываютъ на то, что въ основѣ химическаго поглощенія CO_2 растворами Na_2HPO_4 лежитъ диссоціирующее дѣйствіе воды на соль и разлагающее дѣйствіе CO_2, въ смыслѣ оттягиванія въ свою сторону большей или меньшей части основанія, смотря по степени диссоціаціи соли и большей или меньшей массы реагирующей съ солью CO_2.

Такимъ образомъ, благодаря изслѣдованіямъ *Бертело* и *Лугинина*, вопросъ объ отношеніи растворовъ Na_2HPO_4 къ CO_2 разрѣшался вполнѣ опытами моихъ предшественниковъ по абсорпціометріи, и на мою долю выпадало въ сущности лишь повтореніе послѣднихъ, давшее въ сущности лишь два факта, не замѣченныхъ моими предшественниками; оба эти факта будутъ упомянуты ниже; теперь же привожу таблицу моихъ опытовъ, съ приложеніемъ въ концѣ ея четырехъ опытовъ *Л. Мейера* и *Гейденгайна*, ради поразительности результатовъ. Всѣ обозначенія графъ въ таблицѣ тѣ же, что̀ въ предшествующихъ. (См. табл. на стр. 90 и 91.)

Истинные коэффиціенты растворенія для употребленныхъ мною растворовъ опредѣлить такъ, какъ это было сдѣлано въ опытахъ съ Na_2CO_3, было невозможно, по причинѣ совершенно справед-

Таблица IV.

№	V	t	p	A	y	Vx	Истинн. y.	Испр. Vx.
0,358 gr. $Na_2HPO_4,12H_2O$ въ 45,62 к. см. раств. Ожид. $Vx = 17$ к. см.								
37	45,62	15,2° C.	563,49 643,38 729,64 786,53	42,010 45,951 50,159 52,810	1,081 1,069 1,021	14,22 14,56 16,16	0,98	16,82 17,19 17,54 17,65
38	45,62	15,2° C.	317,66 379,00	27,959 31,367	1,200	10,57		13,33 13,85
39	»	»	588,10 670,19 751,09 833,18	41,043 44,937 48,758 52,820	1,039 1,035 1,084	13,05 13,28 11,60		14,0 14,05 14,15 14,43
40	»	18,2° C.	598,91 693,22 828,51	39,052 43,281 49,118	0,9829 0,9456	12,2 13,38		14,19 14,41 14,73
41	»	12° C.	660,11 788,95	47,188 53,626	1,095	14,22		14,04 14,01
42	»	15,2° C.	376,14 443,86 744,99 870,77	24,610 28,036 41,960 47,757	1,108 1,010	5,58 7,62		7,28 7,54 7,64 7,63
43	»	18,2° C.	629,04 734,80 859,39	33,659 38,216 43,551	0,9443 0,9388	6,56 6,76		7,55 7,72 7,88
44	»	12° C.	599,78 709,21 823,53	37,503 43,121 48,882	1,125 1,104	6,72 7,43		7,38 7,50 7,52
45	50,179	15,2° C.	180,15 515,31 590,10 719,15	19,483 37,576 41,592 48,057	1,183 1,067 0,996	9,75 9,97 12,09		10,71 12,49 12,87 13,05

Изъ опытовъ Л. Мейера и Гейденгайна [1]).

Раств. содерж. 9,0975% Na_2HPO_4, $12H_2O$; ожид. *Vx* = 175,6 к. см.					
V	*t*	*p*	*A*	*y*	*Vx*
40,64	14,87° C.	519,07	95,30		82,64
				2,18	
	14,67° C.	613,30	103,66		88,71
				1,56	
	14,47° C.	713,87	110,05		92,64
				1,59	
	14,77° C.	799,41	115,58		96,09

ливаго показанія *Ферне*, что коэффиціенты эти, хотя и близкіе къ водѣ (всегда ниже послѣднихъ), съ разжиженіемъ растворовъ повышаются. Это и видно изъ сравненія исправленныхъ величинъ химическаго поглощенія въ оп. 38 и 39 приведенной таблицы съ соотвѣтственными числами въ оп. 42, гдѣ растворъ разжиженъ вдвое и величины *Vx* высчитаны тѣмъ же коэффиціентомъ (1,01), что въ оп. 38 и 39. При равенствѣ коэффиціентовъ величина *Vx* должна была бы быть здѣсь вдвое меньше, потому что крѣпости раствора въ оп. 38 и 39 соотвѣтствуетъ предѣльная реакція *Ферне*—maximum химическаго поглощенія; получились же числа несомнѣнно выше половины, что и указываетъ, что они были высчитаны коэффиціентомъ нѣсколько ниже настоящаго. Во всякомъ же случаѣ отсюда вытекаетъ, что въ слабыхъ растворахъ Na_2CO_3 и Na_2HPO_4 одинаковой крѣпости коэффиціенты растворенія CO_2 въ послѣднихъ ниже; и это понятно, если принять во вниманіе, что Na_2CO_3 связываетъ только 10 паевъ кристаллической воды, а фосфатъ—12. Результаты оп. 37 подтверждаютъ то же самое: здѣсь величины химическаго поглощенія, соотвѣтствующія предѣльной реакціи *Ферне*, получены для $t = 15{,}2^0$ коэффиціентомъ равнымъ 0,98 (въ сущности онъ долженъ былъ бы быть нѣсколько выше), тогда какъ въ болѣе крѣпкихъ растворахъ Na_2CO_3 предѣльныя величины поглощенія получились дли $t = 15{,}2^0$ коэффиціентомъ воды равнымъ 1,01.

[1]) Stud d. physiol. Inst. zu Breslau. 1863, pag. 113. Versuchsreihe X. 1-e Concentr.

Другой фактъ, ясно вытекающій изъ чиселъ табл. IV,—это независимость химическаго поглощенія отъ незначительныхъ колебаній температуры (въ предѣлахъ 6^0 C.): въ оп. 38—45 всѣ числа послѣдней графы были высчитаны коэффиціентами воды соотвѣтствующихъ температуръ, какъ въ соотвѣтственныхъ опытахъ съ Na_2CO_3.

Третій пунктъ, вытекающій изъ чиселъ таблицы—это бо́льшая, чѣмъ въ растворахъ Na_2CO_3, зависимость химическаго поглощенія отъ давленія. Выражается это двояко: бо́льшимъ колебаніемъ выведенныхъ по правилу *Ферне* коэффиціентовъ растворенія (чиселъ подъ знакомъ *y*) для растворовъ Na_2HPO_4, преимущественно же тѣмъ, что въ этихъ растворахъ величины химическаго поглощенія начинаютъ замѣтно падать при несравненно бо́льшихъ давленіяхъ, чѣмъ въ растворахъ Na_2CO_3. Такъ, для послѣднихъ паденіе при $t = 15{,}2^0$ начинается около 30 мм. давленія, а въ оп. 38 табл. IV оно чувствуется уже около 300 мм.; въ опытѣ же 45 паденіе химическаго поглощенія уже очень рѣзко (на 3 к. см.) при пониженіи давленія съ 719 на 180 мм.

Опытовъ съ крѣпкими растворами фосфата, дающими болѣе или менѣе значительное отставаніе величины химическаго поглощенія отъ предѣльной реакціи *Ферне*, я не дѣлалъ, потому что эта сторона явленій подробно представлена въ работѣ *Л. Мейера* и *Гейденгайна*. Чтобы показать, до какихъ предѣловъ доходитъ такое отставаніе, приведены, вслѣдъ за таблицей IV, опыты этихъ изслѣдователей съ наиболѣе крѣпкимъ изъ употреблявшихся ими растворовъ (9,0975% водной соли). Если бы химическое поглощеніе CO_2 достигало предѣльной формы *Ферне* и въ крѣпкихъ растворахъ, то въ данномъ случаѣ величина химическаго поглощенія на 40,64 к. см. раствора была бы равна 175,6 к. см. CO_2 (свед. на 0^0 и 1 м. давл.); получились же даже валовыя величины поглощенія меньше этого числа. Изъ нихъ я высчиталъ въ послѣдней графѣ подъ знакомъ *Vx* величины химическаго поглощенія коэффиціентомъ растворенія = 0,6, т.-е. завѣдомо несравненно меньшимъ дѣйствительнаго, и получились числа немного болѣе половины 175, показывающія вмѣстѣ съ тѣмъ, какъ рѣзко повышается и понижается химическое поглощеніе на крѣпкихъ растворахъ.

Чѣмъ же объясняется бо́льшая зависимость химическаго по-

глощенія отъ давленія въ растворахъ фосфата, чѣмъ въ растворахъ карбоната; и чѣмъ объясняется отставаніе его въ крѣпкихъ растворахъ отъ предѣльной реакціи *Ферне,* равно какъ болѣе рѣзкая зависимость явленій отъ давленія на крѣпкихъ растворахъ, сравнительно съ слабыми?

Первый изъ этихъ пунктовъ объяснимъ такъ.—Если бы реакція *Ферне* вела къ образованію двухъ кислыхъ солей, то подвижность химически-связанной CO_2 въ жидкости соотвѣтствовала бы ея подвижности въ $NaHCO_3$; но такъ какъ въ агрегатѣ NaH_2PO_4 $NaHO$ CO_2 связь средняго члена съ CO_2 значительно слабѣе, слѣдовательно CO_2 должна быть здѣсь болѣе подвижна чѣмъ въ $NaHCO_3$. Что же касается до отставанія химическаго поглощенія въ крѣпкихъ растворахъ отъ предѣла *Ферне,* то оно вытекаетъ изъ слѣдующаго: чѣмъ крѣпче растворъ или, что то же, чѣмъ меньше онъ разжиженъ, тѣмъ меньше диссоціирована въ немъ соль водою; тѣмъ меньше разслаблена въ немъ связь между NaH_2PO_4 и $NaHO$; слѣдовательно тѣмъ больше въ жидкости препятствій для разлагающаго дѣйствія CO_2; поэтому химическое поглощеніе ея будетъ отставать отъ соотвѣтствующаго явленія на сильно разжиженныхъ растворахъ все болѣе и болѣе. Наконецъ, третій пунктъ объяснимъ слѣдующимъ образомъ: какъ бы крѣпокъ ни былъ растворъ соли, послѣдняя въ немъ все-таки диссоціирована; связь между слагаемыми соли въ крѣпкихъ растворахъ ослаблена менѣе сильно, чѣмъ въ слабыхъ, но зато увеличено количество диссоціированнаго вещества; въ однихъ водою и угольной кислотой разложенъ большій процентъ небольшого количества соли, а въ другихъ меньшій значительно бо̀льшаго; и если перевѣсъ въ абсолютномъ количествѣ разложеннаго вещества остается на сторонѣ крѣпкаго раствора, то и содержаніе въ немъ слабохимически связанной CO_2 будетъ выше; при этомъ и колебанія ея въ зависимости отъ давленія будутъ, конечно, рѣзче. Съ этой точки зрѣнія контрастъ между тѣмъ, что далъ, напр., оп. 45 табл. IV и приведенные за нимъ опыты *Л. Мейера* и *Гейденгайна,* лишь кажущійся: въ обоихъ случаяхъ приросты давленія дѣйствуютъ одинаково, но въ слабомъ растворѣ колеблются маленькія количества слабо связанной CO_2, а въ крѣпкомъ—большія. Растворъ опытовъ *Л. М.* и *Г.* по крайней мѣрѣ разъ въ 12 крѣпче раствора оп. 45.

Итакъ, *всѣ явленія химическаго поглощенія CO_2 растворами Na_2HPO_4 объясняются совмѣстнымъ разлагающимъ дѣйствіемъ на соль воды и угольной кислоты. Если при извѣстной степени диссоціаціи соли водою количество реагирующей съ растворомъ CO_2 достаточно для того, чтобы покрыть химическое притяженіе со стороны NaHO и физическое притяженіе со стороны жидкости, то реакція достигаетъ того предѣла, выразителемъ котораго служитъ трехчленный комплексъ*

$$NaH_2PO_4 \quad NaHO \quad CO_2.$$

Если же, при данной степени диссоціаціи, напряженіе дѣйствующаго газа (resp. его масса) *недостаточно для покрытія обѣихъ потребностей, или, наоборотъ, соль недостаточно диссоціирована водою, то реакція не достигаетъ предѣла Ферне, отставая тѣмъ болѣе, чѣмъ крѣпче растворъ и чѣмъ ниже напряженіе газа. Но и здѣсь, какъ въ предѣльномъ случаѣ, смыслъ реакціи остается тотъ же:* ***это есть случай соперничанья двухъ кислотъ изъ-за основанія соли.***

Съ этой же точки зрѣнія слѣдуетъ очевидно смотрѣть и на химическую сторону поглощенія CO_2 растворами Na_2CO_3, т.-е. и здѣсь суть дѣла въ соперничаньи двухъ равныхъ по силѣ кислотъ изъ за основанія, съ тѣмъ лишь отличіемъ отъ только-что разобраннаго случая, что соперничанье ведетъ къ дѣйствительному распаду комплекса на двѣ кислыя соли.

Въ заключеніе нелишне будетъ изобразить, на основаніи полученныхъ данныхъ, извѣстный по результату, но никѣмъ неописанный по смыслу, процессъ полнаго разложенія соли *Ферне* на воздухѣ.

Съ этой цѣлью я представлю ее опять въ формѣ системы уравновѣшенныхъ притяженій

$$PNaH_2O_4 \quad NaHO \quad CO_2.$$

Частицы газа въ этой системѣ не могутъ быть связаны сильнѣе чѣмъ въ натріевомъ бикарбонатѣ, значитъ, на воздухѣ или вообще внѣ атмосферы CO_2 нѣкоторое количество ея изъ раствора улетучится. Тогда равновѣсіе системы нарушится: вслѣдствіе ослабѣвшаго притяженія на средній членъ справа, нѣкоторая часть NaHO притянется кислымъ фосфатомъ и притяже-

ніе кончится лишь тогда, когда съ обѣихъ сторонъ притяженія уравновѣсятся. Но когда же это наступитъ? Чтобы отвѣтить на этотъ вопросъ, положимъ для примѣра, что убыла $^1/_{10}$ ч. угольной кислоты; тогда $^1/_{10}$ NaHO перетянется къ кислому фосфату и абсолютная величина послѣдняго убудетъ тоже на $^1/_{10}$ [1]); но такъ какъ и натра осталось всего $^9/_{10}$, значитъ относительная величина притяженія слѣва не измѣнится; справа она останется тоже прежней, потому что будутъ дѣйствовать другъ на друга $^9/_{10}$ NaHO и $^9/_{10}$ CO_2. Слѣдовательно, несмотря на убыль CO_2, притяженія справа и слѣва будутъ попрежнему соотвѣтствовать степени притяженія CO_2 основаніемъ въ бикарбонатѣ. Понятно, что при дальнѣйшихъ потеряхъ CO_2 будетъ повторяться то же самое вплоть до полнаго ея улетучиванія. Подобнымъ же образомъ объяснимо и выдѣленіе CO_2 изъ соединеній, отстающихъ отъ предѣла *Ферне*.

Уксуснокислый натръ
($C_2NaH_3O_2$).

Приступая къ этимъ опытамъ, я не ожидалъ химическаго поглощенія CO_2, взялъ поэтому для 1-го опыта очень густой растворъ (на 100 к. см. раств. приходилось 25,6 гр. безводной соли), и былъ не мало удивленъ, получивъ рѣзкіе признаки химическаго поглощенія. Этотъ опытъ и всѣ послѣдующіе съ нарастающимъ разжиженіемъ собраны въ нижеслѣдующей табл. V.

Во всѣхъ безъ исключенія опытахъ ходъ валовой абсорпціи соотвѣтствуетъ случаю химическаго поглощенія газа жидкостью; поэтому въ графѣ подъ *y* коэффиціенты растворенія вычислены по формулѣ *Ферне*. Они и здѣсь представляютъ колебанія, превышая повсюду водные коэффиціенты соотвѣтствующихъ температуръ; но найти для нихъ поправку, какъ въ опытахъ съ CNa_2O_3, невозможно. Такъ, въ опытахъ 55 и 56, при ничтожномъ содержаніи соли въ обѣихъ жидкостяхъ, истинные коэффиціенты растворенія не могутъ отличаться чувствительно ни другъ отъ друга, ни отъ воднаго коэффиціента соотвѣтствую-

---

1) Извѣстно, что присоединеніе дробныхъ частей пая основанія къ кислотамъ даетъ соотвѣтственныя дробныя части теплотъ присоединенія.

Таблица V.

№	Концентр. на 100 кб. см.	V	t	p	A	y	Vx
50	25,6 гр.	45,62	15,2⁰ C.	444,04 547,97	59,078 66,909	1,651	
51	6,4 „	„	„	559,46 630,08 725,35 803,64	40,363 43,977 49,256 53,495	1,121 1,214 1,186	
52	2,844 „	„	„	604,52 704,15 849,31	37,737 42,758 50,421	1,104 1,153	
53	1,6 „	„	„	628,85 734,99 842,31	36,746 42,249 47,491	1,136 1,070	
54	1,024 „	„	„	640,59 711,82 839,10	35,904 39,524 45,706	1,112 1,064	
55	0,8 „	„	„	641,95 730,09 847,44	35,136 39,554 45,525	1,098 1,115	5,86 6,25 6,86
56	0,4 „	„	„	627,62 714,40 825,88 835,59	32,914 37,182 42,457 43,122	1,037	4,28 4,59 4,79 5,01
57	0,1 „	„	„	637,85 836,38	30,558 39,811	1,021	1,53 1,66
58	6,4 „	„	11⁰ C.	571,52 669,37 792,36	43,987 49,791 57,066	1,300 1,295	

щей температуры; а между тѣмъ величины *Vx*, высчитанныя въ обоихъ опытахъ коэффиціентомъ равнымъ 1, даютъ числа не пропорціональныя содержанію соли въ обоихъ растворахъ. То же повторяется на числахъ оп. 56 и 57; и то же самое можетъ быть наконецъ доказано для оп. 50—54. Здѣсь степени разжиженія столь значительны, что коэффиціенты растворенія не могутъ быть равными и должны возрастать отъ оп. 50 къ 54; но теперь, когда законъ наростанія коэффиціентовъ растворенія въ объемно разжижаемыхъ растворахъ извѣстенъ, опредѣлить наростаніе ихъ въ оп. 50—54 уже возможно, выйдя изъ произвольнаго коэффиціента для исходнаго, наиболѣе крѣпкаго раствора (оп. 50), степень разжиженія котораго должна быть принята за 1-цу. Если принять при этомъ для исходнаго раствора коэффиціентъ равнымъ, напримѣръ, 0,7000 (законъ наростанія не зависитъ отъ абсолютной величины коэффиціентовъ), то на основаніи упомянутаго закона получатся для 5 опытовъ слѣдующія три ряда чиселъ:

Степени разжиженія	1	4	9	16	25
Коэффиц. растворенія	0,7000	0,9148	0,9611	0,9784	0,9858
		17,62	11,24	8,67	7,09
Вычислен. послѣдними } . . .	44,90	17,63	11,89	9,45	7,51
велич. химич. поглощ. }	49,41	18,98	13,17	9,90	7,97
		19,96			

Изъ сравненія хода чиселъ послѣдней строки съ ходомъ чиселъ первой прямо вытекаетъ, что содержаніе соли въ растворѣ падаетъ быстрѣе соотвѣтственныхъ величинъ химическаго поглощенія; сравненіе же послѣднихъ въ каждомъ изъ опытовъ въ отдѣльности доказываетъ рѣзкую зависимость химическаго поглощенія отъ давленія. Если принять, наконецъ, во вниманіе, что вычисленные по правилу *Ферне* коэффиціенты растворенія въ этихъ болѣе густыхъ растворахъ колеблятся сильнѣе, чѣмъ въ слабыхъ, то для явленій поглощенія CO_2 уксуснымъ натромъ получается ясная аналогія съ тѣмъ, что *Л. Мейеръ* и *Гейденгайнъ* наблюдали на растворахъ Na_2HPO_4 разной крѣпости. Значитъ, и здѣсь *химическая реакція заключается въ соперничаньи кислотъ изъ-за основанія соли, при чемъ факторами, опредѣляющими величину реакціи, являются степень разжиженія раствора и величина давленія* [1]).

1) Въ оп. 53—57, гдѣ вычислены *Vx*, это видно прямо, но то же имѣетъ мѣсто и въ оп. 50—52, если въ каждомъ изъ нихъ высчитать величины

Однако рядомъ съ этимъ сходствомъ разница между реакціями тамъ и здѣсь съ количественной стороны огромная: *тамъ, при сильномъ разжиженіи растворовъ, соль реагируетъ съ CO_2 всею своею массою, а здѣсь—лишь незначительною частью ея.*

Такъ, въ случаѣ, если бы CO_2 отнимала отъ растворенной соли и здѣсь половину основанія, то въ оп. 57 0,04562 гр. $C_2NaH_3O_2$ связали бы болѣе 9 ccm. CO_2, т.-е. въ 7 разъ болѣе того, чѣмъ они связали въ дѣйствительности. Другими словами, уксусная соль, даже при столь значительномъ разжиженіи какъ въ оп. 57, реагируетъ много-много $^1/_7$ своей массы.

Когда дѣлались эти опыты, я конечно зналъ, что CO_2 реагируетъ съ растворенной солью химически; но прямое доказательство этому явилось лишь послѣ того, какъ опыты были закончены и всѣ выводы сдѣланы. Я вспомнилъ именно, что для полнаго разложенія растворовъ углекислыхъ щелочей слабыми кислотами необходимо подогрѣваніе жидкости; и на основаніи этого соображенія придалъ опыту какъ разъ обратную форму—сталъ пропускать токъ CO_2 черезъ растворъ $C_2NaH_3O_2$ при возможно низкой температурѣ. По счастію, крѣпкіе растворы этой соли не замерзаютъ даже при—20° С. Слѣдовательно, токъ можно пропускать черезъ растворъ въ открытомъ сосудѣ, окруженномъ охлаждающей смѣсью.

Дѣйствуя такимъ образомъ, можно обонять запахъ освобождающейся уксусной кислоты при самомъ началѣ опыта; но улавливать ея пары я счелъ излишнммъ, потому что послѣ непрерывнаго пропусканія газа въ теченіе 3—4 часовъ черезъ растворъ, охлажденный до температуры между—10° и—20° С., въ жидкости остаются несомнѣнные слѣды разложенія соли. Именно, если вскипятить растворъ и прибавить къ кипящему раствору $BaCl_2$, то образуется осадокъ, въ которомъ легко доказать присутствіе CO_2. Позднѣе я узналъ, что этотъ опытъ былъ повторенъ въ болѣе наглядной формѣ *Моромъ*. Онъ пропускалъ CO_2 черезъ растворъ соли въ абсолютномъ алкоголѣ.

Въ пробныхъ опытахъ съ растворами $CNaHO_2$ и $C_5NaH_9O_2$ тоже замѣчалось выдѣленіе паровъ соотвѣтствующихъ кислотъ.

химическаго поглощенія какимъ-либо коэффиціентомъ растворенія, одинаковымъ для всѣхъ опредѣленій даннаго опыта.

Съ валерьянонатровой солью былъ даже сдѣланъ приводимый ниже абсорпціометрическій опытъ. 100 к. см. раствора содержали около 10 gr. кристаллической соли.

№	*V*	*t*	*p*	*A*	*y*	*Vx* при *y* = 1.
59	45,62	15,2° C.	604,24 701,99 841,14	39,067 43,832 50,612	1,068 1,068	11,50 11,81 12,34

Слабое химическое поглощеніе, усиливающееся съ давленіемъ.

Когда такимъ образомъ было доказано, что реакція CO_2 съ растворами солей, образованныхъ слабыми летучими кислотами, сопровождается выдѣленіемъ паровъ послѣднихъ, явилось возраженіе противъ приведенныхъ выше выводовъ изъ опытовъ съ $C_2NaH_3O_2$; такъ какъ выдѣленіе паровъ уксусной кислоты измѣнило неопредѣленнымъ образомъ напряженіе газа въ абсорпціометрѣ (при высчитываніи объемовъ газъ считался насыщеннымъ водяными парами). Легко понять однако, что возраженіе не могло касаться ни факта химическаго дѣйствія CO_2 на растворъ соли, ни слабости этого дѣйствія, выражающагося въ каждомъ опытѣ наростаніемъ величины *Vx* съ увеличеніемъ давленія; потому что болѣе сильное выдѣленіе паровъ уксусной кислоты должно очевидно падать на болѣе сильныя давленія газа, вслѣдствіе чего наибольшее пониженіе валовыхъ величинъ поглощенія должно падать на наиболѣе высокія давленія. Значитъ, вліяніе паровъ ослабляло бы эффектъ зависимости величинъ *Vx* отъ давленія противъ нормы.

Единственное вліяніе этого вреднаго обстоятельства могло сказаться лишь на общемъ эффектѣ разжиженія растворовъ, уменьшая нѣсколько быстроту относительнаго наростанія химическаго поглощенія, съ разжиженіемъ растворовъ. Но помимо аналогіи сдѣланнаго вывода съ тѣмъ, что наблюдалось на карбонатѣ и фосфатѣ (въ видѣ тѣмъ бо́льшаго отставанія химическаго поглощенія отъ предѣла *Ферне*, чѣмъ гуще растворъ), въ

пользу его говоритъ приводимый ниже опытъ съ лимоннокислымъ натромъ, гдѣ, при нелетучести кислоты, эффектъ разжиженія такой же, какъ и въ опытахъ съ $C_2NaH_3O_2$ и даже болѣе рѣзкій.

Лимонно-кислый натръ.

Для опытовъ взята соль въ кристаллическомъ видѣ, 25 гр. въ 100 к. см. Реакція раствора почти нейтральная.

Таблица VI.

№	Концентр.	*V*	*t*	*p*	*A*	*y*	*Vx*
				543,05	46,854	1,194	29,51
60	25	45,62	15,2° C.	639,19	52,092	1,096	31,68
				770,96	58,676		34,05
				572,43	43,148	1,227	19,27
61	25/4	»	»	666,18	48,398	1,159	20,60
				797,15	55,325		22,06
				600,96	38,854	1,111	12,04
62	25/16	»	»	696,72	43,708	1,224	12,63
				813,62	50,236		13,94
				602,51	35,662	1,082	8,48
63	25/32	»	»	731,63	42,037	1,108	9,03
				836,17	47,321		9,60

Нечего и говорить, что это есть случай слабаго химическаго поглощенія: вычисленные по *Ферне* коэффиціенты растворенія повсюду превышаютъ водные; *Vx*, вычисленные однимъ и тѣмъ же *y*, показываютъ въ каждомъ изъ опытовъ рѣзкую зависимость химическаго поглощенія отъ давленія—не менѣе рѣзкую, чѣмъ въ опытахъ съ $C_2NaH_3O_2$. Наконецъ, не трудно убѣдиться, что химическое поглощеніе понижается далеко не такъ быстро,

какъ падаетъ концентрація растворовъ. Такъ, если высчитать въ оп. 62 величину химическаго поглощенія коэффиціентомъ 1,095, среднимъ между полученными по *Ферне*, то получившееся круглое число 6 будетъ конечно меньше истинной величины Vx; а между тѣмъ въ случаѣ, если бы химическое поглощеніе падало пропорціонально концентраціи, для величинъ Vx въ опытахъ 59, 60 и 61 получились бы слѣдующія числа: 6×32; 6×8 и 6×2.

Значитъ, со стороны эффектовъ разжиженія, ходъ явленій здѣсь тотъ же, что въ опытахъ съ $C_2NaH_3O_2$, только еще болѣе рѣзкій. Послѣдняго и нужно было впрочемъ ожидать, въ виду того, что тамъ кислота соли одноосновная, а здѣсь—трехъ основная.

Средній щавелевокислый натръ ($C_2Na_2O_4$).

Такъ какъ кислота этой соли принадлежитъ уже къ сильнымъ и соль трудно растворима въ водѣ, то величины химическаго поглощенія выходятъ здѣсь такъ незначительны, что безъ особыхъ уловокъ доказать ихъ существованіе невозможно. Средствъ для этого два: провѣрка, насколько поглощеніе слѣдуетъ закону *Дальтона*, и высчитываніе по валовымъ величинамъ поглощенія *Бунзеновскихъ* коэффиціентовъ растворенія, т.-е. такое разсматриваніе явленія, какъ будто газъ только растворялся въ жидкости. Уклоненіе отъ закона *Дальтона* при химическомъ поглощеніи всегда заключается въ томъ, что съ усиленіемъ давленія поглощеніе нарастаетъ менѣе быстро, чѣмъ послѣднее. Однако въ случаѣ, если химическая абсорпція (какъ въ нашемъ случаѣ) слаба, отставаніе отъ закона пропорціональности можетъ быть мало замѣтно; притомъ оно можетъ быть замаскировано усиленіемъ химической абсорпціи съ давленіемъ. Тогда-то именно (особенно въ слабыхъ растворахъ) высчитываніе *Бунзеновскихъ* коэффиціентовъ и помогаетъ дѣлу: они выходятъ въ такихъ случаяхъ больше коэффиціентовъ для воды соотвѣтствующей температуры. Обѣ провѣрки приведены въ табл. VII подъ знаками $A_1\frac{p_m}{p}$ и a.

Таблица VII.

№	Въ 100 к. см.	V	t	p	A	$A_1 \frac{p_m}{p_1}$	α
64	1,9 гр.	45,62	15,2⁰ С.	650,59 740,86 865,54	29,835 33,849 39,459	33,975 39,693	1,006 1,001 0,999
65	0,95 „	„	„	662,52 743,81 879,47	31,211 34,918 41,271	35,040 41,431	1,035 1,029 1,029
66	0,475 „	„	„	635,73 720,91 847,34	30,183 33,898 39,838	34,227 40,230	1,040 1,030 1,030
67	0,095 „	„	„	654,22 732,62 859,30	30,444 34,189 39,999	34,092 39,988	1,020 1,023 1,020

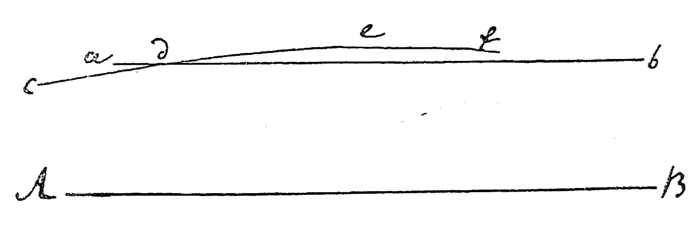
Провѣрка 1-го рода $\left(A_1 \frac{p_m}{p_1}\right)$ не даетъ положительныхъ указаній [1]); но постоянный перевѣсъ величинъ α въ оп. 65—67 надъ воднымъ коэффиціентомъ для $15{,}2^0$ С., превышающій ошибки наблюденія, ясно говоритъ за химическое поглощеніе. Въ виду того, что мы встрѣчаемся съ такимъ признакомъ химическаго поглощенія впервые, будетъ умѣстно выяснить его значеніе нѣсколько подробнѣе.

Представимъ себѣ водный растворъ соли *абсолютно* индифферентный къ CO_2. Какъ бы сильно ни разжижался такой растворъ, коэффиціенты поглощенія CO_2 будутъ постоянно ниже

---

1) Хотя она и показываетъ уклоненія въ сторону химической абсорпціи (провѣренныя числа во всѣхъ опытахъ, за исключеніемъ послѣдняго, выше соотвѣтственныхъ наблюденныхъ), но уклоненія эти лежатъ въ предѣлахъ ошибокъ наблюденія.

воднаго соотвѣтственной температуры и теоретически достигнутъ его лишь при безконечно большомъ разжиженіи. Если же представить себѣ далѣе, что индифферентность это самаго раствора къ CO_2 не абсолютна, то практически незамѣтное химическое поглощеніе, начавшись съ крѣпкихъ растворовъ, будетъ, по мѣрѣ разжиженія ихъ, возрастать, пока реакція диссоціированной соли съ CO_2 не достигнетъ извѣстнаго предѣла. Кривая непрерывно возрастающихъ коэффиціентовъ, по степенямъ разжиженія, какъ абсциссамъ, будетъ восходить круче, чѣмъ въ первомъ случаѣ, и пересѣчетъ уровень воды тамъ, гдѣ истинный коэффиціентъ поглощенія (безъ прибавки къ нему химическаго поглощенія) приблизится къ водному. Ходъ такой кривой изображенъ на приложенной графической схемѣ (фиг. 4), гдѣ *efg* есть кри-



Фиг. 4.

вая наростающихъ коэффиціентовъ; *cd*—уровень воднаго коэффиціента; точка *f* на кривой—пунктъ разложенія соли, за которымъ кривая должна падать, вслѣдствіе уменьшенія количествъ соли въ водѣ.

Нѣчто подобное представляетъ нашъ растворъ $C_2Na_2O_4$: 1-й коэффиціентъ лежитъ еще подъ уровнемъ воды; maximum разложенія лежитъ надъ водою между оп. 65 и 66; а отъ 66 къ 67 замѣтно уже уменьшеніе химическаго поглощенія.

Молочнокислый натръ.
($C_3NaH_5O_3$).

Благодаря большей растворимости этой соли, въ сравненіи съ предыдущею, признаки химическаго поглощенія—эффекты разжиженія выступали здѣсь рѣзче, чѣмъ въ предыдущемъ случаѣ. Концентрація раствора, взятаго для перваго опыта (густой жидкости 1,294 уд. в.), осталась, къ сожалѣнію, неопредѣленной,

поэтому въ нижеслѣдующей таблицѣ VIII приведены лишь степени разжиженія ея. Всѣ прочія обозначенія остались тѣже, что въ предшествующей таблицѣ.

Химическое поглощеніе сказывается здѣсь уже не въ видѣ слѣдовъ, а числами, значительно превышающими предѣлы ошибокъ наблюденія, каковы провѣрочныя числа на поглощеніе по

Таблица VIII.

№	Разжиж.	V	t	p	A	$A_1 \frac{p_m}{p_1}$	α
68	1	46,44.	15,2° C.	498,17	15,656		0,676
				659,24	19,994	20,718	0,653
69	3	»	»	461,37	21,165		0,9878
				587,69	25,620	26,960	0,9378
70	6	»	»	454,84	21,611		1,023
				571,89	26,356	27,172	0,992
71	12	»	»	453,66	22,259		1,056
				564,32	27,196	27,688	1,038
72	24	»	»	452,10	22,526		1,072
				562,86	27,576	28,045	1,055

закону *Дальтона* и разности въ каждой парѣ *Бунзеновскихъ* коэффиціентовъ одного и того же опыта. Вмѣстѣ съ этимъ химически поглощенный газъ связанъ такъ слабо, что поглощеніе происходитъ почти по закону *Дальтона*.

Итоги [1]. Совокупность всѣхъ описанныхъ доселѣ явленій можетъ быть резюмирована слѣдующимъ образомъ.

Химическое поглощеніе CO_2 изслѣдованными растворами обязано своимъ происхожденіемъ двумъ причинамъ: диссоціированному состоянію солей въ растворѣ или, что то же, разслаб-

[1]) Опыты съ бурою оставлены мною въ сторонѣ изъ-за неопредѣленности полученныхъ результатовъ.

ленію химической связи между ихъ составными частями; и сравнительной слабости кислотъ растворенныхъ солей, въ сравненіи съ крѣпкими минеральными кислотами.

Обѣ эти причины, взятыя вмѣстѣ, даютъ возможность угольной кислотѣ дѣйствовать на диссоціированную соль разлагающимъ образомъ, при чемъ реакція эта, по смыслу дѣла, можетъ заключаться лишь въ оттягиваніи отъ соли дѣйствующей кислотой нѣкоторой части ея основанія въ свою сторону.

Доходитъ ли эта реакція до дѣйствительнаго отщепленія отъ соли части ея основанія (какъ это происходитъ на сильно разжиженныхъ растворахъ Na_2CO_3), или она выражается лишь абсорпціометрическими признаками, во всякомъ случаѣ она соотвѣтствуетъ образованію въ жидкости нѣкотораго количества кислаго карбоната съ выдѣленіемъ изъ соли нѣкотораго количества кислоты (какъ это показываютъ столь ясно опыты съ уксуснокислымъ натромъ). Значитъ, состояніе химически связанной CO_2 въ жидкости будетъ вообще подвижно и тѣмъ подвижнѣе, чѣмъ сильнѣе кислота соли (въ сильно разведенныхъ растворахъ Na_2CO_3, гдѣ кислота соли наиболѣе слабая, оно наименѣе подвижно; а въ растворахъ молочнокислаго натра оно, наоборотъ, столь подвижно, что поглощеніе происходитъ почти по закону *Дальтона*).

Участіе угольной кислоты въ этихъ процессахъ двоякое: рядомъ съ химическимъ дѣйствіемъ (или даже нѣсколько впереди послѣдняго) идетъ раствореніе газа въ жидкости, иначе химическая реакція CO_2 съ солью была бы невозможна. Такимъ образомъ растворенная въ жидкости угольная кислота представляетъ въ одно и то же время массу разлагающей соль кислоты, тѣмъ бо́льшую, чѣмъ выше давленіе, подъ которымъ произошло раствореніе (отсюда увеличеніе химическаго поглощенія не съ повышеніемъ давленія, а съ увеличеніемъ массы разлагающей соль угольной кислоты), и атмосферу, которою поддерживается происшедшій въ жидкости химическій переворотъ (по мѣрѣ того какъ напряженіе газа въ жидкости ослабѣваетъ, величина химическаго поглощенія понижается). Если принять при этомъ во вниманіе, что рядомъ съ солью въ растворѣ диссоціировано и происшедшее подъ дѣйствіемъ CO_2 химическое соединеніе газа (черезъ что его и безъ того уже

слабая связь въ жидкости становится еще болѣе подвижной), то дѣлается понятной и съ этой стороны зависимость нѣкоторой части химически поглощеннаго газа отъ давленія.

Если принять наконецъ во вниманіе: 1) что въ ряду всѣхъ вообще солей, образованныхъ слабыми кислотами, CNa_2O_3 и $C_3H_5NaO_3$ несомнѣнно принадлежатъ къ крайнимъ членамъ длиннаго ряда, и 2) что абсорпціометрическіе опыты съ растворами обоихъ крайнихъ членовъ и нѣсколькихъ промежуточныхъ между ними дали одинаковые въ сущности результаты, то можно утверждать съ большою вѣроятностью, что сдѣланный выше общій выводъ приложимъ къ растворамъ всѣхъ вообще солей, образованныхъ слабыми кислотами.

ПРИБАВЛЕНІЕ.

Известь.

Какъ образчикъ примѣненія абсорпціометрическаго способа къ рѣшенію чисто химическихъ вопросовъ, прилагаю въ заключеніе этого отдѣла опыты поглощенія CO_2 растворами извести, предпринятые мною съ цѣлью выясненія вопроса (сколько я знаю, до сихъ поръ не рѣшеннаго), соотвѣтствуетъ ли раствореніе $CaCO_3$ угольной кислотою химическому поглощенію газа и если да, то соотвѣтствуетъ ли реакціи отношеніе $2(CO_2)$ на CaO.

Для опытовъ бралась насыщенная известковая вода и содержаніе извести опредѣлялось въ ней титрованіемъ [1]) (щавелевой кислотой и куркумовой бумагой). Для первыхъ 3 опытовъ служила одна и та же порція известковой воды. Въ оп. 71 она была насыщенная; въ оп. 72 смѣшана съ водой, въ пропорціи, по объему, $^2/_3$ изв. раств. $+ ^1/_3$ воды, а въ 73 разбавлена водою объемъ на объемъ. Два послѣдніе опыта сдѣланы при болѣе низкой температурѣ и въ 75 къ известковой водѣ былъ прибавленъ тростниковый сахаръ (1 гр. на 100 к. см. жидкости).

---

[1]) Для титрованія бралась жидкость, остающаяся въ сосудѣ послѣ перевода части ея въ абсорпціометръ во время опыта. Слѣдовательно, щелочность титрованной жидкости вполнѣ соотвѣтствовала щелочности той, съ которой производился опытъ.

Во всѣхъ безъ исключенія случаяхъ образующійся вначалѣ мѣлъ растворяется вполнѣ уже послѣ перваго взбалтыванія; но затѣмъ, при новыхъ взбалтываніяхъ подъ болѣе сильными давленіями, жидкость во всѣхъ безъ исключенія случаяхъ мутилась вновь, но очень слабо, и при этомъ разъ было замѣчено выдѣленіе изъ жидкости нѣкотораго количества уже поглощеннаго газа, потому что при взбалтываніи часть известковой воды перешла изъ пріемника въ манометръ. Отчего бы ни зависѣло это явленіе, оно во всякомъ случаѣ указываетъ на подвижное состояніе поглощеннаго газа, и это нужно имѣть въ виду при обсужденіи абсорпціометрическихъ данныхъ. Ожидаемая величина химическаго поглощенія высчитывалась въ пропорціи 11 на 7 $2(CO_2)$ на CaO.

При значительномъ колебаніи чиселъ для y, указывающемъ на подвижное состояніе химически поглощенной CO_2, я долженъ былъ брать среднія изъ нихъ величины для вычисленія Vx; такимъ образомъ въ оп. 71, 72 и 73 величины химическаго поглощенія (Vx предпослѣдняго столбца) высчитаны поочередно коэффиціентами 0,526, 0,752, 0,826; а въ послѣднихъ двухъ опытахъ—среднею величиною y изъ опыта 75, такъ какъ концентрація въ обоихъ опытахъ одинакова. Если сопоставить полученныя такимъ образомъ числа съ ожидаемыми величинами поглощенія, то въ оп. 71, 74 и 75 приблизительное согласіе получалось, а въ 72 и 73 нѣтъ. Думать однако, что въ этихъ двухъ случаяхъ реакція не достигла предѣла, достигнутаго въ другихъ, было невозможно, такъ какъ именно здѣсь растворы разжижены; слѣдовательно, на основаніи всего доселѣ намъ извѣстнаго, именно въ этихъ опытахъ можно было ожидать скорѣе, чѣмъ въ другихъ, предѣльнаго поглощенія CO_2. Явно, что причина должна была заключаться въ томъ, что Vx вычислены въ этихъ опытахъ слишкомъ высокими y, т.-е. коэффиціентами, въ которыхъ, помимо дѣйствительно растворѣннаго газа, заключается часть химически поглощеннаго. По счастію, убѣдиться въ этомъ въ нашемъ случаѣ очень легко и есть даже возможность показать положительнымъ образомъ тотъ предѣлъ, выше котораго истинные коэффиціенты растворенія въ оп. 72 и 73 быть не могутъ. Извѣстно, въ самомъ дѣлѣ, что всякая вообще прибавка соли къ водѣ уменьшаетъ ея способность рас-

творять газы; если взять поэтому растворъ какой-либо индифферентной къ CO_2 соли, съ *Бунзеноскимъ* коэффиціентомъ α, для какой-либо температуры, и разбавить ее водой объемъ на объемъ, то коэффиціентъ разжиженнаго раствора будетъ меньше

Таблица IX.

№	CaO въ *V*	Ожид. *Vx.*	*V*	*t*	*p*	*A*	γ	*Vx*	Испр. *Vx.*
71	0,0495 гр.	30,0	36,85	24° C.	602,12	40,868	0,488	29,20	
					670,52	41,998	0,604	29,01	
					738,72	43,518		29,20	
72	0,0333 „	20,2	37,25	„	676,62	34,317	0,714	16,20	19,01
					718,42	35,430	0,892	16,19	19,17
					776,87	37,373	0,651	16,57	19,79
					821,70	38,461		16,46	19,86
73	0,0247 „	15	36,65	„	696,92	31,260	0,891	10,16	14,69
					747,72	32,857	0,820	10,37	15,20
					811,82	34,934	0,769	10,35	15,62
					837,42	35,654		10,30	15,74
74	0,055 „	33,40	45,73	19,3° C.	589,15	52,490	0,893	30,84	
					662,42	55,490	0,840	31,15	
					765,89	59,467	0,981	31,33	
					870,45	64,158		32,17	
75	„	„	„	„	579,68	53,46	0,741	32,16	
					638,09	55,44	0,866	32,00	
					900,84	65,85		32,75	

средней ариѳметической изъ α и коэффиціента для воды той же температуры и можетъ достичь этой величины только при крайней степени разжиженія раствора, когда ослабляющее вліяніе соли на поглощательную способность воды сдѣлается незамѣтно.

Этимъ мы и воспользуемся для вышеозначенной цѣли. Коэффиціентъ растворенія въ оп. 70 $y = 0{,}526$ намъ извѣстенъ и приблизительно вѣренъ; коэффиціентъ для воды при 24^0 С. равенъ 0,772 (см. выше табл. I). Слѣдовательно, въ оп. 72 истинный коэффиціентъ растворенія не можетъ быть больше $0{,}526 \times {}^2/_3 + 0{,}772 \times {}^1/_3$ или больше 0,6077; а въ *оп*. 73 не можетъ быть больше $\frac{0{,}526 + 0{,}772}{2}$ или 0,649. Оба эти числа значительно меньше тѣхъ, которыми были высчитаны въ оп. 72 и 73 *Vx* предпослѣдняго столбца, и очевидно должны быть ближе ихъ къ истиннымъ. Это и показываетъ согласіе чиселъ, высчитанныхъ этими коэффиціентами (въ графѣ подъ знакомъ «исправл. *Vx*»), съ ожидаемыми величинами химическаго поглощенія.

Во всѣхъ этихъ опытахъ поглощеніе CO_2 жидкостью происходило столь быстро, что раствореніе образующагося вначалѣ мѣла было уже готово въ концѣ перваго взбалтыванія жидкости съ газомъ, т.-е. совпадало по времени съ химической реакціей за предѣлами $CaCO_3$.

Слѣдовательно, *раствореніе мѣла угольной кислотой соотвѣтствуетъ превращенію его въ кислую соль.*

II.

Опыты съ растворами солей индифферентныхъ къ CO_2.

1. Задача наша и здѣсь, какъ въ предшествующихъ опытахъ, заключается въ абсорпціометрическомъ сравненіи солей, съ цѣлью приведенія ихъ въ систему переходныхъ ступеней. Тамъ мѣрой сравненія растворовъ служили свойства соли, которыми опредѣляется величина химическаго поглощенія CO_2 растворами соли; здѣсь же — такъ какъ соли индифферентны къ CO_2 — мѣрой сравненія можетъ служить лишь взаимодѣйствіе между солью и водою въ растворѣ, т.-е. связывающее дѣйствіе соли на воду и диссоціирующее дѣйствіе послѣдней на соль. — Давно извѣстно въ самомъ дѣлѣ, что всякое прибавленіе любой соли къ водѣ уменьшаетъ поглощательную способность послѣдней къ газамъ и тѣмъ сильнѣе, чѣмъ больше прибавлено соли къ водѣ.

На этомъ основаніи для первыхъ сравнительныхъ пробъ было необходимо взять такіе растворы, соли которыхъ представляли бы рѣзкія противоположности въ ихъ отношеніяхъ къ водѣ. Если бы изъ опытовъ оказалась противоположность между ними и въ абсорпціометрическомъ отношеніи, то получилось бы ясное указаніе на возможность достиженія вышенамѣченной цѣли путемъ сравнительныхъ абсорпціометрическихъ опытовъ. Соотвѣтственно этому для первой пробы были взяты растворы NH_4NO_3 и NaCl. Амміачныя соли отличаются, какъ извѣстно, крайней диссоціируемостью и NH_4NO_3 стоитъ между ними на первомъ мѣстѣ [1]); а жадность NaCl къ водѣ, извѣстна чуть не всякому.

2. Опыты съ NH_4NO_3 собраны въ прилагаемой таблицѣ X. Въ

---

[1]) См. наприм., *Dibbit*, Ueb. d. Dissoc. d. ammoniak. Salze in wässer. Lösungen. Pogg Ann. B. CL., p. 260.

предпослѣдней графѣ приведена провѣрка поглощенія на законъ *Дальтона*; а въ послѣдней — *Бунзеновскіе* коэффиціенты поглощенія.

Таблица X.

№	Имя.	Соль въ 100 к. см.	V	t	p	A	$A_1 \frac{p_m}{p_1}$	y
76	NH_4NO_3	40,43 гр.	45,62	15,2° C.	681,22	25,150		0,809
					772,99	28,415	28,536	0,805
					918,11	33,841	33,895	0,808
77		20,21 »	»	»	669,53	27,851		0,911
					788,83	32,786	32,813	0,911
					917,79	38,165	38,178	0,911
78		10,10 »	»	»	655,13	28,758		0,962
					895,01	39,272	39,377	0,961
79		5,05 »	»	»	671,84	30,262		0,987
					769,10	34,789	34,643	0,990
					897,76	40,605	40,439	0,991
80		2,02 »	»	»	661,92	30,381		1,006
					751,09	34,807	34,473	1,015
					896,22	41,116	41,135	1,006
81		1,01 »	»	»	664,44	30,373		1,002
					758,31	35,137	34,664	1,015
					905,13	41,879	41,376	1,014
82		0,5 »	»	»	656,14	30,389		1,015
					759,89	35,053	35,193	1,011
					892,55	41,248	41,338	1,013

Изъ опытовъ вытекаетъ слѣдующее:

1) Поглощеніе повсюду происходитъ по закону *Дальтона*, какъ это показываетъ согласіе контрольныхъ чиселъ съ наблюдаемыми; и

2) возрастаніе коэффиціентовъ поглощенія, съ разжиженіемъ растворовъ происходитъ непрерывно по слѣдующему закону: во всякой парѣ сосѣднихъ коэффиціентовъ величина всякаго послѣдующаго равна средней ариѳметической изъ предыдущаго и коэффиціента воды.

$$\frac{0,807 + 1,01}{2} = 0,909 \text{ (набл. } 0,911); \frac{0,911 + 1,01}{2} = 0,960 \text{ (набл. } 0,961); \frac{0,990 + 1,01}{2} = 1,0 \text{ (набл. } 1,009).$$

Выше, въ опытахъ съ известковой водой, было сказано, что когда растворъ соли индифферентной съ CO_2 разбавленъ водою настолько сильно, что связывающее дѣйствіе воды на соль перестаетъ быть замѣтнымъ, то эффектъ дальнѣйшаго разжиженія соотвѣтствуетъ уже простому увеличенію массы воды въ растворѣ. Для всѣхъ почти солей это наступаетъ лишь при болѣе или менѣе сильныхъ разжиженіяхъ, а здѣсь оно имѣетъ мѣсто уже для первыхъ двухъ наиболѣе крѣпкихъ растворовъ. Такимъ образомъ для растворовъ NH_4NO_3 получаются слѣдующіе 3 абсорпціометрическихъ признака:

1) очень высокія числа для коэффиціентовъ сравнительно крѣпкихъ растворовъ;

2) отсутствіе (конечно, лишь кажущееся, вслѣдствіе грубости способа наблюденія!) признаковъ ослабляющаго дѣйствія соли на поглощательную способность воды даже въ крѣпкихъ растворахъ и вытекающее отсюда

3) крайне быстрое наростаніе коэффиціентовъ съ разжиженіемъ растворовъ.

Опыты съ растворами $NaCl$ производились при 3 разныхъ температурахъ; во всѣхъ трехъ рядахъ концентрація растворовъ оставалась одна и та же: на 100 к. см. они содержали 3,201, $3,201 \times 2$; $3,201 \times 3$... $3,201 \times 6$ gr. соли. (См. стр. 113).

Здѣсь, какъ въ опытахъ съ NH_4NO_3, поглощеніе CO_2 во всѣхъ трехъ рядахъ опытовъ происходитъ по закону *Дальтона;* и во всѣхъ трехъ рядахъ коэффиціенты измѣняются съ измѣненіемъ концентраціи растворовъ непрерывно. Такъ, если по числамъ опытовъ построить кривыя, принявъ наростающія количества соли въ жидкостяхъ (1, 2, 3....6) за абсциссы, а соотвѣтствующіе

Таблица XI. Растворы NaCl.

№	Конц.	V	t	p	A	$A_1 \frac{p_m}{p_1}$	y
84	1	45,62	21,7⁰ C.	678,77 809,80	25,514 26,833	26,86	0,726 0,726
85	2			686,51 833,65	19,591 24,217	23,79	0,625 0,636
86	3			713,66 867,10	18,349 22,184	22,29	0,561 0,559
87	4			726,61 872,10	16,467 19,892	19,764	0,497 0,499
88	5			842,25 886,05	14,747 17,764	17,604	0,435 0,439
89	6			735,35 866,61	13,231 15,590	15,592	0,394 0,394
90	1	45,62	18,38⁰ C.	689,97 833,55	25,003 30,331	30,201	0,793 0,797
91	2			691,66 843,12	22,218 27,218	27,084	0,701 0,704
92	3			717,11 867,66	20,032 24,283	24,237	0,610 0,611
93	4			721,08 864,88	17,458 21,160	20,940	0,530 0,536
94	5			720,73 877,67	15,907 19,525	19,370	0,481 0,485
95	6			738,10 900,81	14,405 17,618	17,58	0,427 0,428

№	Конц.	V	t	p	A	$A_1 \frac{p_m}{p_1}$	y
96	1			678,93	26,771		0,864
				850,60	33,742	33,54	0,869
97	2			691,14	23,983		0,760
				849,24	29,492	29,47	0,761
98	3			708,35	21,362		0,661
		45,62	15,2° C.	877,83	26,493	26,47	0,661
99	4			720,63	19,017		
				886,32	23,503	23,39	
100	5			729,56	17,096		0,513
				899,38	21,297	21,07	0,518
101	6			739,78	15,756		0,466
				889,81	19,004	18,95	0,467

коэффиціенты за ординаты, то во всѣхъ трехъ случаяхъ получаются, съ небольшими поправками, непрерывныя кривыя. Во всѣхъ прочихъ отношеніяхъ разница между явленіями на растворахъ NH_4NO_3 и $NaCl$ получается очень рѣзкая и можетъ быть формулирована такъ:

то, что даютъ крѣпкіе растворы NH_4NO_3, получается на растворахъ $NaCl$ лишь при значительномъ разжиженіи.

Такъ, концентрація наиболѣе крѣпкаго раствора $NaCl$ болѣе чѣмъ вдвое слабѣе концентраціи самаго крѣпкаго раствора NH_4NO_3; а между тѣмъ, при разжиженіи втрое (сравн. числа для y въ оп. 97 и 76), растворъ $NaCl$ далъ болѣе низкій коэффиціентъ, чѣмъ начальный растворъ NH_4NO_3. Для возрастанія коэффиціентовъ поглощенія растворами послѣдней соли имѣло мѣсто слѣдующее отношеніе

$$y_2 = \frac{y_1 + a}{2},$$

если обозначить черезъ y_2 коэффиціентъ вдвое болѣе жидкаго раствора, а черезъ a—коэффиціентъ воды. Здѣсь же, и именно въ опытахъ при той же температурѣ (15,2° С.), такое отношеніе коэффиціентовъ еще не достигнуто для перехода отъ y_5 (конц. 2) къ y_6 (конц. 1):

$$y_6 = \frac{0{,}761 + 1{,}01}{2} = 0{,}886 \text{ (набл. 0,867).}$$

При 18,38° отношеніе это почти достигнуто здѣсь ($a = 0{,}896$).

$$y_6 = \frac{0{,}702 + 0{,}896}{2} = 0{,}799 \text{ (набл. 0,795);}$$

а при 21,7° С. ($a = 0{,}825$) оно достигнуто уже вполнѣ:

$$y_6 = \frac{0{,}630 + 0{,}825}{2} = 0{,}727 \text{ (набл. 0,726).}$$

Стало быть, рѣзкой разницѣ въ отношеніяхъ обѣихъ солей къ водѣ соотвѣтствуетъ рѣзкая абсорпціометрическая разница между обоими растворами: легко диссоціирующей соли соотвѣтствуетъ высокая поглощательная способность и быстрое наростаніе оной съ разжиженіемъ растворовъ, а соли жадной къ водѣ—обратное. Такимъ образомъ, предстоящіе сравнительные абсорпціометрическіе опыты получаютъ опредѣленный смыслъ, и описанными пробами обозначено направленіе, въ какомъ должны сопоставляться получаемые изъ сравнительныхъ опытовъ результаты:

растворы должны сравниваться по величинѣ поглощательной способности и по измѣненіямъ послѣдней съ разжиженіемъ растворовъ.

Выше, пока мы имѣли дѣло съ NH_4NO_3 и $NaCl$, этими двумя противоположностями въ абсорпціометрическомъ направленіи, вопросъ о дозированіи сравниваемыхъ растворовъ можно было оставить въ сторонѣ, потому что при очень рѣзкой разницѣ результатовъ сомнѣваться въ ея значеніи было невозможно. Но теперь, когда предстоятъ сравненія переходныхъ ступеней между этими крайностями, вопросъ о дозированіи сравниваемыхъ растворовъ выступаетъ на первый планъ.

По счастію, вѣрный и приложимый ко всѣмъ солямъ способъ дозированія сравниваемыхъ растворовъ, послѣ нѣсколькихъ поисковъ, нашелся.

3. Выходя изъ мысли, что равныя количества близко родственныхъ солей, дѣйствуя на равныя количества воды, будутъ ослаблять въ одинаковой, или почти одинаковой степени поглощательную способность послѣдней, можно было думать, что растворы такого рода дадутъ равные или приблизительно равные коэффиціенты поглощенія. На этомъ основаніи для первой пробы были взяты слѣдующіе растворы:

8,452 гр. $MgSO_4$, $7H_2O$ + 500 к. см. воды
8,452 „ $ZnSO_4$, $7H_2O$ + 500 „ „ „ ;

но результатъ получился несовсѣмъ удовлетворительный: первая жидкость дала коэффиціентъ 0,710, а цинковый растворъ 0,732. Замѣтивъ послѣ этого, что количество цинковой соли, эквивалентное взятому количеству магнезіальной, составляетъ всего 9,844 gr., т.-е. очень мало отличается отъ взятыхъ 8.452 gr.; естественно было испробовать новую комбинацію:

8,452 гр. $MgSO_4$, $7H_2O$ + 500 к. см. воды
9,844 „ $ZnSO_4$, $7H_2O$ + 500 „ „ „ .

Послѣдняя пара дала, какъ увидимъ, результатъ уже вполнѣ удовлетворительный, поэтому во всѣхъ послѣдующихъ опытахъ съ обѣими солями брались на равныя количества воды уже не равныя, а эквивалентныя количества солей. Опыты эти собраны въ прилагаемой таблицѣ XII. (См. стр. 117).

Согласіе между коэффиціентами въ каждой парѣ опытовъ столь значительно, что сомнѣваться даже въ равенствѣ ихъ, при употребленномъ способѣ дозированія, невозможно.

На этомъ основаніи въ слѣдующемъ засимъ сравненіи солей Ba, Sr и Ca были уже прямо взяты эквивалентныя количества солей съ равными количествами воды. Однако смѣси эти дали очень рѣзкія разницы въ величинѣ коэффиціентовъ: баритовая соль поглощала CO_2 всего сильнѣе, особенно въ сравненіи съ известковою. Здѣсь равныхъ коэффиціентовъ можно было ожидать лишь при условіи, если бы прибавки воды стояли по вѣсу, такъ сказать, въ обратномъ отношеніи къ частичнымъ вѣсамъ солей. Поэтому было испробовано слѣдующее дозированіе растворовъ: эквивалентныя количества солей въ равныхъ по вѣсу растворахъ. Результаты получились удовлетворительные; но прежде чѣмъ сообщать ихъ, необходимо небольшое отступленіе.

Таблица XII.

№	Имя.	Концентр.	V	t	p	A	$A_1 \frac{p_m}{p_1}$	y
102	Семиводн. $MgSO_4$.	8,452 гр. + 500 к. см. в.	37,05	26° C.	779,70 889,60	20,54 23,45	23,43	0,710 0,710
103	Семиводн. $ZnSO_4$.	9,844 гр. + 500 к. см. в.	37,25	„	774,90 885,40	20,45 23,43	23,39	0,715 0,715
104	Семиводн. $MgSO_4$.	33,73 гр. + 300 к. см. в.	36,95	25° C.	794,75 894,85	17,317 19,347	19,48	0,579 0,584
105	Семиводн. $ZnSO_4$.	39,34 гр. + 300 к. см. в.	36,75	„	796,44 895,97	17,458 19,405	19,62	0,596 0,590
106	Семиводн. $MgSO_4$.	24,6 гр. + 100 к. см. в.	37,75	18,38° C.	850,76 941,98	16,706 18,716	18,49	0,520 0,523
107	Семиводн. $ZnSO_4$.	28,7 гр. + 100 к. см. в.	37,50	„	846,86 941,07	16,612 18,451	18,46	0,523 0,523
108	Семиводн. $MgSO_4$.	33,73 гр. + 100 к. см. в.	45,60	19,3° C.	653,74 955,27	12,730 18,420	18,46	0,426 0,423
109	Семиводн. $ZnSO_4$.	39,34 гр. + 100 к. см. в.	36,45	„	864,16 964,84	13,321 14,964	14,87	0,423 0,425

При писаніи этого новаго изданія моей старой работы мнѣ приходилось заглядывать въ сохранившіеся у меня протоколы опытовъ, и здѣсь мнѣ бросились въ глаза числа, касающіяся дозированія солей Ba, Sr и Ca, которыя ускользнули отъ моего вниманія при первоначальномъ писаніи работы: именно рядомъ съ вѣсами растворовъ были приведены въ протоколахъ и объемы ихъ. Теперь я приведу и эти забытыя числа.

Для опытовъ съ нитратами названныхъ солей было взято:

для BaN_2O_6 . . . . 16,258 гр. соли + 232,7 гр. воды;
вѣсъ: 248,958 гр.; объемъ 237,5 к. см.
для CaN_2O_6, $4H_2O$ . . . . 43,482 гр. соли + 692,0 гр. воды;
вѣсъ: 735,48 гр.; объемъ 720,0 к. см.
для SrN_2O_6 . . . . 23,608 гр. соли + 438,7 гр. воды;
вѣсъ: 462,30 гр.; объемъ 440,2 к. см.

По этимъ числамъ получается слѣдующее содержаніе солей въ 100 gr. и въ 100 к. см. раствора.

въ 100 гр. раствора . . { 6,53 BaN_2O_6
5,90 CaN_2O_6 $4H_2O$ или 4,108 CaN_2O_6
5,10 SrN_2O_6

въ 100 к. см. раствора . . . { 6,68 BaN_2O_6
4,20 CaN_2O_6
5,365 SrN_2O_6

Количества одной и той же соли въ обоихъ случаяхъ почти равны и всѣ три въ обоихъ случаяхъ другъ къ другу эквивалентны.

То же повторилось на растворахъ $BaCl_2$ и $SrCl_2$; они содержали:

въ 100 гр. раствора . . . . . { 5,2 гр. $BaCl_2$
3,96 „ $SrCl_2$

въ 100 к. см. раствора . . . { 5,39 гр. $BaCl_2$
4,10 „ $SrCl_2$

Къ этимъ солямъ я прибавилъ еще двѣ пары менѣе родственныхъ солей $CuSO_4,5H_2O$ и $ZnSO_4,7H_2O$; $NaNO_3$ и $AgNO_3$. Для первой пары опять получилось согласіе:

въ 100 гр. раствора . . . . . { 8,31 $CuSO_4,5H_2O$
9,50 $ZnSO_4,7H_2O$

въ 100 к. см. раствора . . . { 5,57 $CuSO_4$
5,64 $ZnSO_4$

О паръ же $NaNO_3$ и $AgNO_3$, представившей уклоненіе отъ этого отношенія, рѣчь будетъ ниже.

Когда такимъ образомъ опыты на сравнительно слабыхъ растворахъ солей Ba, Ca и пр. показали, что равные коэффиціенты поглощенія получаются при условіи растворенія эквивалентныхъ количествъ до равныхъ объемовъ, не трудно было догадаться, что то же самое должно быть и для приведенныхъ выше растворовъ цинковой и магнезіальной соли, т.-е. что здѣсь эквивалентныя количества солей+равныя количества воды должны давать объемы равной величины. Чтобы убѣдиться въ этомъ, я взялъ нарочно для сравненія наиболѣе крѣпкіе растворы обѣихъ солей оп. 108 и 109 и получилъ

для смѣси 33,73 гр. $MgSO_4,7H_2O + 100$ к. см. H_2O объемъ $=119$
„ „ 39,34 „ $ZnSO_4,7H_2O + 100$ „ „ „ „ $=119$.

Такимъ образомъ, для абсорпціометрическаго сравненія изслѣдованныхъ родственныхъ солей, получился вмѣсто двухъ разныхъ одинъ и тотъ же масштабъ—*эквивалентныя количества солей въ равныхъ объемахъ*. О значеніи этой находки рѣчь будетъ ниже; а теперь я приведу въ табл. XIII опыты съ только что описанными солями. (См. стр. 120.)

Такимъ образомъ, вѣрный масштабъ для сравненія соляныхъ растворовъ найденъ—онъ вѣренъ потому, что въ немъ, такъ сказать, представлены обѣ стороны взаимодѣйствія между солью и водою въ растворѣ.

Насколько сравниваемые растворы должны содержать эквивалентныя количества солей, фактъ этотъ показываетъ, что соляные растворы могутъ быть поставлены, какъ низшія ступени, въ одинъ рядъ съ соединеніемъ «соль+кристаллическая вода»; потому что въ головѣ ряда стоитъ расплывшаяся въ своей кристаллической водѣ соль—истинный соляной растворъ, переходящій при разжиженіи безъ всякаго скачка въ рядъ «неопредѣленныхъ соединеній».

Насколько сравниваемые растворы должны имѣть равные объемы, фактъ этотъ показываетъ, что растворы должны сравниваться при одинаковыхъ механическихъ условіяхъ диссоціаціи солей; ибо равенству объемомъ соотвѣтствуетъ равная степень раздвинутости частичекъ соли растворителемъ.

Наконецъ, найденный масштабъ приложимъ ко всѣмъ солямъ въ одномъ и томъ же раціональномъ смыслѣ.

Таблица XIII.

№	Имя.	Кол. соли въ 100 к. см.	V	t	p	A	$A_1 \frac{p_m}{p_1}$	y
110	BaN_2O_6	6,68 гр.	45,70	15,2⁰ C.	495,75	20,901		0,922
					647,45	27,271	27,29	0,921
111	CaN_2O_6	4,2 »	37,45	»	753,29	26,407		0,925
					851,01	29,435	29,50	0,921
112	SrN_2O_6	5,365 »	37,85	»	749,29	25,985		0,916
					847,61	29,360	29,36	0,916
113	$BaCl_2$	5,39 гр.	45,65	15,2⁰ C.	548,32	22,311		0,891
					681,85	27,940	27,06	0,897
114	$SrCl_2$	4,10 »	37,35	»	748,69	24,952		0,891
					847,41	28,343	28,16	0,895
115	$ZnSO_4$	5,57 гр.	37,45	15,2⁰ C.	781,10	23,460		0,802
					887,13	26,580	26,64	0,800
116	$CuSO_4$	5,64 »	»	»	778,80	23,787		0,808
					869,17	26,729	26,54	0,813
		Колич. соли въ 500 гр. раствора.						
117	$NaNO_3$	85,0 гр.	45,65	18,38⁰ C.	699,69	19,010		0,594
					858,31	23,394	23,32	0,597
118	$AgNO_3$	170 »	»	»	702,77	18,674		0,582
					853,29	22,576	22,67	0,579

Кромѣ того, въ табл. XII и XIII содержатся указанія, какъ слѣдуетъ поступать при раціональномъ сравненіи. — Для этого слѣдуетъ брать всегда слабые растворы, потому что вообще равенство коэффиціентовъ можно ожидать скорѣе на слабыхъ, чѣмъ крѣпкихъ растворахъ. Если такая проба даетъ удовлетворительные результаты, то довольно уже одного прибавочнаго опыта на крѣпкомъ растворѣ, чтобы сказать съ увѣренностью, что сравниваемымъ солямъ присуща одинаковая диссоціируемость, какъ это ясно вытекаетъ изъ опытовъ съ солями Mg и Zn. Наконецъ, опыты съ парой $NaNO_3$ и $AgNO_3$ показываютъ, какъ слѣдуетъ относиться къ случаю, когда растворы, несмотря на неправильное дозированіе, даютъ равные или почти равные коэффиціенты.

Для этихъ опытовъ были взяты слѣдующіе растворы:

25,9515 гр. $NaNO_3$ + 126,6 гр. воды; вѣсъ 152,55 гр.; об. 136,5 к. см.
44,9385 „ $AgNO_3$ + 87,2 „ „ „ 132,38 „ „ 95,5 „ „

Соотвѣтственно этому

въ 500 гр. раствора . . . . . { 85,0 $NaNO_3$ / 170,0 $AgNO_3$

въ 100 к. см. раствора . . . { 19,0 $NaNO_3$ / 47,0 $AgNO_3$

Равные объемы растворовъ содержали не эквивалентныя количества солей—19 gr. $NaNO_3$ и 47,0 $AgNO_3$ вмѣсто 38 gr.,—а между тѣмъ растворъ $AgNO_3$ поглотилъ почти столько же, какъ растворъ $NaNO_3$; значитъ серебряная соль обладаетъ значительно бо́льшей диссоціируемостью, чѣмъ натровая.

4. Теперь для дальнѣйшей провѣрки найденнаго масштаба будутъ приведены опыты съ растворами такихъ солей, отношеніе которыхъ къ водѣ извѣстно. Если для каждой изъ этихъ солей окажется соотвѣтствіе между ея отношеніемъ къ водѣ и абсорпціометрическими данными ея растворовъ, то вѣрность масштаба будетъ доказана и въ принципѣ, и въ примѣненіи. Съ этой цѣлью были взяты для сравненія: соли разныхъ кислотъ съ одиковымъ основаніемъ и соли одинаковыхъ кислотъ съ разными основаніями. Для сравненій въ первомъ направленіи служили хлориды, нитраты и сульфаты, для второго случая соли Na, K и Am. Результаты приведены въ прилагаемой таблицѣ XIV.

Таблица XIV.

№	Имя.	Кол. соли въ 100 к. см.	t	y	Эквивал.
119	NaCl	7,89 гр.	15,2° C.	0,728	7,89
	KCl	14,10 „		0,745	10,04
120	NaCl	6,312 „	15,2° C.	0,778	6,312
	NH_4Cl	25,80 „		0,770	5,759
121	KNO_3	23,51 „	„	0,781	23,51
	NH_4NO_3	40,52 „		0,812	18,62
122	NaCl	6,312 „	15,2° C.	0,778	6,312
	$NaNO_3$	11,55 „		0,778	9,171
123	NaCl	12,28 „	21,7° C.	0,489	12,28
	$\frac{Na_2SO_4}{2}$	16,00 „		0,3915	14,904
124	KCl	14,1 „	15,2° C.	0,745	14,1
	KNO_3	23,51 „		0,781	20,96

Если сравнить дозы солей въ каждой парѣ опытовъ съ эквивалентными дозами ихъ въ послѣднемъ столбцѣ, то оказывается, что во всѣхъ парахъ вторые растворы концентрированы съ излишкомъ противъ эквивалентности. Если бы, при этомъ условіи, мы имѣли дѣло съ близко родственными солями, то коэффиціенты вторыхъ растворовъ въ каждой парѣ были бы ниже коэффиціента парнаго; а здѣсь, за единственнымъ исключеніемъ оп. 123, получилось какъ разъ обратное. Значитъ, во всѣхъ этихъ случаяхъ результаты опытовъ доказываютъ a fortiori, что соли, соотвѣтствующія вторымъ растворамъ въ каждой парѣ, обладаютъ большею диссоціируемостью, чѣмъ соотвѣтствующія имъ парныя. Что же касается до оп. 123, то здѣсь результатъ $0,3915 < 0,489$ конечно можно было бы приписать тому, что

2-й растворъ гуще надлежащаго (16 противъ 14,9); но есть возможность показать [1]), что неравенство коэффиціентовъ продолжается въ прежнемъ смыслѣ и при условіи, если бы растворъ Na_2SO_4 содержалъ вмѣсто 16,00 14,904 соли—коэффиціентъ такого раствора былъ бы равенъ круглымъ числомъ 0,410.

Итакъ, приведенными опытами доказывается несомнѣнно слѣдующій рядъ положеній:

нитраты поглощаютъ CO_2 всего сильнѣе;
сульфаты » CO_2 » слабѣе;
хлориды стоятъ между ними;

соли аммонія поглощаютъ CO_2 всего сильнѣе;
соли натрія » CO_2 » слабѣе;
соли калія стоятъ между ними.

Если при этомъ принять во вниманіе, что по термохимическимъ изслѣдованіямъ *Томсена* (Berl. chem. Ber. Sechster Jahrgang., p. 714) нитраты поглощаютъ при раствореніи больше тепла, чѣмъ хлориды, а эти больше, чѣмъ сульфаты,—соли аммонія больше, чѣмъ соли калія, а эти больше, чѣмъ соли натрія,—то выходитъ, что послѣдованіе членовъ въ рядахъ *Томсена* и приведенныхъ выше абсорпціометрическихъ одинаково. Если же принять, кромѣ того, во вниманіе, что поглощеніе тепла при раствореніи солей стоитъ въ прямой связи съ актомъ диссоціаціи ихъ, то выходитъ, что предполагавшаяся нами *прямая связь между величинами поглощенія CO_2 соляными растворами и диссоціируемостью ихъ солей оправдалась* на всѣхъ разобранныхъ примѣрахъ.

5. Такимъ образомъ, поднятый въ началѣ этой главы вопросъ о сравненіи соляныхъ растворовъ приведенъ къ концу, и теперь мы обратимся къ вопросу, какъ слѣдуетъ смотрѣть на процессъ поглощенія CO_2 соляными растворами индифферентными къ этому газу. Хотя окончательное рѣшеніе его будетъ приведено лишь въ концѣ этого трактата, но и между собранными доселѣ данными есть нѣсколько очень вѣскихъ фактовъ, подготовляющихъ рѣшеніе вопроса.

---

[1]) Въ слѣдующемъ отдѣлѣ этого труда читатель увидитъ, какъ по данной величинѣ коэффиціента и соотвѣтствующей степени разжиженія даннаго раствора высчитываются коэффиціенты для любой другой степени разжиженія

Первый такой фактъ касается доказанной возможности классифицировать соляные растворы по диссоцiируемости ихъ солей. Отсюда можно было бы заключить, что соляной растворъ представляетъ своеобразную однородную жидкость, гдѣ соль, разслабленная въ связяхъ между ея составными частями, играетъ въ поглощенiи газа главную роль, а растворителемъ опредѣляется лишь степень диссоцiацiи соли. Легко показать однако, что представленiе это покрываетъ не все, даваемое явленiями поглощенiя. Выше, при обсужденiи результатовъ опытовъ, собранныхъ въ табл. XI, мы видѣли, что растворы однихъ и тѣхъ же количествъ NaCl въ водѣ разныхъ температуръ даютъ разной величины коэффицiенты поглощенiя; что коэффицiенты эти съ разжиженiемъ раствора возрастаютъ непрерывно и переходятъ, наконецъ, въ коэффицiенты растворителя—воды соотвѣтствующей температуры. Изъ этихъ фактовъ неизбѣжно слѣдуетъ, что въ поглощенiи CO_2 солянымъ растворомъ растворитель, съ свойственной ему поглощательной способностью, играетъ прямую роль.

Третiй рядъ фактовъ касается связывающаго дѣйствiя соли на воду. Выше (стр. 119) были приведены вѣскiя основанiя, почему соляные растворы могутъ быть поставлены, какъ низшiя ступени, въ одинъ рядъ съ соединенiями «соль + кристаллическая вода». Отсюда неизбѣжно вытекаетъ, что соляные растворы въ свою очередь представляютъ соединенiя «соль + вода»; и, какъ таковыя, могутъ отличаться другъ отъ друга лишь силою связи между обѣими составными частями. Съ этой точки зрѣнiя на растворъ можно было бы смотрѣть такимъ образомъ, словно поглощающею средою для газа служитъ лишь растворитель—вода, а соль лишь связываетъ воду, ослабляя ея поглощательную способность.

Если при этомъ принять во вниманiе, что въ разжижаемомъ непрерывно растворѣ степень диссоцiацiи соли и связующее дѣйствiе ея на воду всегда идутъ рука объ руку—чѣмъ сильнѣе первая, тѣмъ слабѣе второе и наоборотъ,—то дѣлается понятнымъ, что вообще значительной диссоцiируемости соли соотвѣтствуетъ слабое связывающее дѣйствiе ея на воду и наоборотъ. Значитъ, суть дѣла остается одна и та же, кладется ли въ основу явленiй поглощенiя газа диссоцiируемость соли въ растворѣ или связывающее дѣйствiе ея на воду.

Изъ этихъ двухъ воззрѣній на растворъ, какъ среду, поглощающую газъ, второе, очевидно, удобнѣе перваго, потому что имъ проще опредѣляется роль обѣихъ составныхъ частей раствора въ явленіяхъ поглощенія CO_2. Однако это воззрѣніе неразрывно связано съ другимъ фактомъ, который долженъ еще быть доказанъ: если въ растворѣ газъ дѣйствительно поглощается лишь растворителемъ, а соль только связываетъ воду, то притяженіе между солью и водой, съ одной стороны, и между водой и угольной кислотой—съ другой, должны быть одинаковаго порядка; иначе правильный ходъ явленій поглощенія, результирующій изъ вліянія массъ между солью, водою и газомъ, былъ бы невозможенъ. Строгое экспериментальное доказательство этого факта читатель найдетъ въ заключительной главѣ этого труда; здѣсь же я приведу косвенныя соображенія, говорящія въ его пользу.

Въ свободной отъ водяныхъ паровъ атмосферѣ водные растворы солей теряютъ воду;	Въ свободной отъ CO_2 атмосферѣ растворы этого газа теряютъ CO_2;
но если атмосфера насыщена до извѣстной опредѣленной степени паромъ, то растворы извѣстной, совершенно опредѣленной концентраціи не отдаютъ воду;	но если атмосфера содержитъ столько CO_2, что ея напряженіе равно давленію газа, подъ которымъ онъ растворился въ жидкости, то выдѣленія CO_2 изъ послѣдней не происходитъ;
если же, при прежней насыщенности атмосферы паромъ, соляной растворъ концентрированъ сильнѣе или слабѣе предыдущаго, то въ первомъ случаѣ нѣкоторый излишекъ пара поглощается жидкостью, а во второмъ — растворъ теряетъ воду;	если же при прежнемъ напряженіи CO_2 въ атмосферѣ, жидкость насыщена ею при большемъ или меньшемъ давленіи, то въ первомъ случаѣ жидкость теряетъ нѣсколько газа, а во второмъ онъ входитъ, наоборотъ, извнѣ въ жидкость;
тоже, только въ иномъ масштабѣ, представляютъ потери кристаллизаціонной воды нѣкоторыми вывѣтривающимися солями, хотя здѣсь связь между солью и водою химическая.	то же самое, только въ иномъ масштабѣ, имѣетъ мѣсто относительно выхожденія изъ жидкостей связанной въ ней слабо-химически угольной кислоты.

Изъ этихъ фактовъ очевидно слѣдуетъ, что притяженія между солью и водою, съ одной стороны, между водою и CO_2—съ другой, суть притяженія одинаковаго порядка, ибо состояніе равновѣсія того и другого подвижного соединенія поддерживается напряженіемъ водяного пара и газа—факторами одного и того же порядка.

ПРИБАВЛЕНІЕ.

Смѣси сѣрной кислоты съ водою.

6. Поводомъ къ абсорпціометрическимъ опытамъ надъ смѣсями сѣрной кислоты съ водою послужило слѣдующее соображеніе. Въ опытахъ съ соляными растворами всякое прибавленіе къ данной жидкости воды равнозначно усиленію диссоціаціи даннаго вещества; поэтому на соляхъ невозможно абсорпціометрическое опредѣленіе такихъ случаевъ, гдѣ прибавленіе къ жидкости воды имѣло бы противоположное значеніе,—гдѣ оно соотвѣтствовало бы гидратаціи. Сѣрная кислота представляетъ, наоборотъ, очень удобный случай къ этому, особенно при переходѣ SH_2O_4 во второй гидратъ. Хотя и здѣсь явленіе не получается въ чистой формѣ, если разбавленіе SH_2O_4 водою дѣлается при комнатной температурѣ, такъ какъ при этомъ условіи образующееся соединеніе $SH_2O_4 + H_2O$ расплывается въ собственной кристаллизаціонной водѣ; но, съ другой стороны, изъ хода тепловыхъ явленій, сопровождающихъ смѣшеніе SH_2O_4 съ водою, положительно извѣстно, что вначалѣ, пока 2-й гидратъ еще не образовался, эффектъ прибавленія воды соотвѣтствуетъ по преимуществу гидратаціи, и уже за этимъ предѣломъ начинаетъ чувствоваться постепенное нарастаніе противоположнаго эффекта—диссоціаціи.

Явно, что абсорпціометрическіе опыты надъ смѣсями SH_2O_4 съ водой должны были быть приноровлены къ этому ходу явленій, т.-е. вслѣдъ за опредѣленіями надъ SH_2O_4 безъ воды должны были идти таковыя надъ смѣсями болѣе бѣдными водой, чѣмъ $SH_2O_4 + H_2O$, потомъ опыты надъ вторымъ гидратомъ, третьимъ и т. д.

Для этихъ опытовъ абсорпціометръ потребовалъ маленькихъ измѣненій только въ 2 пунктахъ: присасывательная трубка для введенія жидкости въ пріемникъ была теперь сплошь стеклянная, и стальной цилиндръ въ верхней шейкѣ пріемника былъ защищенъ отъ сѣрной кислоты параффиномъ. Само собою разумѣется далѣе, что передъ абсорпціей аппаратъ наполнялся совершенно сухой CO_2 для всѣхъ опытовъ съ чистой SH_2O_4 и ея смѣсями вплоть до 3-го гидрата. Важно замѣтить еще, что чистая SH_2O_4 и смѣси ея съ небольшими количествами воды

требуютъ очень сильнаго согрѣванія (непремѣнно до 100° C.) и взбалтыванія, при освобожденіи ихъ передъ абсорпціей отъ газовъ, посредствомъ воздушнаго насоса. Не зная этого свойства, я получалъ сначала очень сбивчивые результаты. Легко понять, наконецъ, что при неизбѣжности производить нѣкоторыя приготовительныя операціи на воздухѣ SH_2O_4 не могла не притягивать къ себѣ во время этихъ операцій нѣкотораго количества влаги; слѣдовательно вѣрность приводимыхъ въ таблицѣ чиселъ касательно содержанія воды въ жидкостяхъ только приблизительная.

Таблица XV.

№	Концентр.	V	t	p	A	$A_1 \frac{p_m}{p_1}$	y
136	SH_2O_4	35,825	17° C.	656,39 774,56	21,925 25,860	 25,872	0,932 0,932
137	»	»	»	644,20 797,77	21,438 26,767	 26,549	0,929 0,936
138	92 гр. SH_2O_4 + 3 гр. H_2O	35,825	17° C.	658,51 708,26 917,47	20,097 21,642 28,061	 21,615 28,035	0,851 0,852 0,852
139	92 гр. SH_2O_4 + 8 гр. H_2O	»	»	680,67 862,15	17,556 22,182	 22,236	0,719 0,718
140	SH_2O_4 + H_2O	»	»	699,33 752,67 971,05	16,656 17,975 23,230	 17,927 23,128	0,665 0,666 0,667
141	SH_2O_4 + 2 (H_2O)	»	»	686,46 750,77 953,59	17,363 18,915 24,106	 18,989 24,120	0,706 0,703 0,705
142	SH_2O_4 + 3 (H_2O)	»	»	679,40 869,16	17,977 23,076	 22,99	0,738 0,741
143	$\frac{SH_2O_4}{5}$ + 12 (H_2O)	»	»	670,76 815,35	20,600 25,073	 25,03	0,857 0,857

Если встать, при обсужденіи полученныхъ результатовъ, на ту же точку зрѣнія, къ которой насъ привели опыты съ соляными растворами, то всѣ явленія поглощенія CO_2 должны быть сведены на двойственную причину—соперничанье между CO_2 и водой изъ-за сѣрной кислоты и соперничанье между CO_2 и SH_2O_4 изъ-за воды. При этомъ присущая обѣимъ составнымъ частямъ жидкости (сѣрной кислотѣ и водѣ), въ ихъ свободномъ состояніи, способность поглощать CO_2 должна быть, конечно, сильно понижена, вслѣдствіе значительной крѣпости связи между SH_2O_4 и H_2O; и это мы видимъ во всѣхъ опытахъ, начиная съ 138. Понятно далѣе, что пока прибавки воды къ SH_2O_4 малы, поглощеніе CO_2, завися главнымъ образомъ отъ понижающаго дѣйствія воды на поглощательную способность сѣрной кислоты, должно постепенно убывать по мѣрѣ того, какъ сѣрная кислота все больше и больше связывается прибавляемою водою. Maximum этого эффекта соотвѣтствуетъ образованію 2-го гидрата сѣрной кислоты (оп. 140), и здѣсь пониженіе величинъ поглощенія CO_2 достигаетъ maximum'a; а засимъ прибавляемая къ жидкости вода дѣйствуетъ уже диссоціирующимъ образомъ на $SH_2O_4 + H_2O$, и поглощеніе газа начинаетъ повышаться.

Опыты эти прямо доказываютъ, что величина поглощенія CO_2 даннымъ растворомъ стоитъ въ прямомъ отношеніи съ силою связи между его составными частями.

III.

Наростаніе коэффиціентовъ поглощенія CO_2 съ разжиженіемъ соляныхъ растворовъ индифферентныхъ къ этому газу.

Mém. de l'acad. imp. d. sc. de St-Pétersbourg. VII sér. T. XXXIV, № 3, 1886; et T. XXXV, № 7. 1887.

1. Приступая къ обозначенному въ заглавіи вопросу, я не имѣлъ никакого представленія о законѣ наростанія коэффиціентовъ и потому рѣшилъ вести дѣло въ предстоящемъ изслѣдованіи систематически, т.-е. варьируя попеременно всѣ тѣ условія, которыя вліяютъ на явленія поглощенія CO_2. Между ними, какъ показали предшествующіе опыты, главную роль играетъ взаимодѣйствіе между обѣими составными частями раствора, солью и водою. Вліяніе солей различнаго состава было уже изучено, но всѣ онѣ дѣйствовали на воду; теперь же предстояло изучать вліяніе на поглощеніе разныхъ растворителей При этомъ имѣлось въ виду сравнивать между собою растворы одной и той же соли въ разныхъ растворителяхъ, при одинаковыхъ условіяхъ дозированія; и ожидались слѣдующіе результаты. Если, напр., для двухъ сравниваемыхъ случаевъ извѣстны коэффиціенты поглощенія обоихъ растворовъ (a и b) и обоихъ растворителей (α и β), то слѣдуетъ найти такое дозированіе обоихъ растворовъ, при которомъ получилось бы $\frac{a}{\alpha}=\frac{b}{\beta}$. Отсюда, судя по относительнымъ количествамъ соли и воды въ растворахъ, становятся возможны выводы о связывающемъ дѣйствіи соли на разные растворители.

Соотвѣтственно этому плану, прежде всего приходилось выбрать для опытовъ новые растворители и найти вѣрный способъ дозированія растворовъ.

Сначала казалось, что для растворенія нужно было брать однородныя жидкости, напр., алкоголь, глицеринъ и т. п.; но когда оказалось, что опыты съ алкоголемъ потребовали бы значительныхъ передѣлокъ въ абсорпціометрѣ, а глицеринъ былъ неудобенъ по его значительной густотѣ, то пришлось въ концѣ-концовъ остановиться на водныхъ соляныхъ растворахъ, какъ замѣстителяхъ воды, и это обстоятельство оказалось, какъ увидимъ, очень удачнымъ.

Благодаря такому выбору, упростился вопросъ, какъ слѣдуетъ дозировать сравниваемые другъ съ другомъ растворы, явилась возможность руководствоваться въ этомъ дѣлѣ слѣдующимъ соображеніемъ:

Предшествующими опытами было доказано, что явленія поглощенія CO_2 соляными растворами можно разсматривать такъ, словно поглощающею средою для газа служитъ вода раствора; поэтому казалось, что сравниваемые между собою растворы всего естественнѣе дозировать такимъ образомъ, чтобы въ обоихъ содержались одинаковыя количества воды.

При этомъ условіи сопоставленіе двухъ растворовъ одной и той же соли въ водѣ и въ замѣстителѣ воды—соляномъ растворѣ было бы равнозначно сравненію двухъ случаевъ, изъ которыхъ въ одномъ на данное количество воды дѣйствовала бы одна соль, а въ другомъ на то же количество—двѣ соли. Если бы при этомъ совмѣстномъ дѣйствіи каждая изъ солей понижала поглощательную способность воды къ CO_2 въ той же степени, съ какою каждая изъ нихъ понижаетъ ее въ отдѣльности,—что очень вѣроятно,—то отсюда прямо вытекала бы величина коэффиціента, соотвѣтствующаго совмѣстному дѣйствію обѣихъ солей на воду. Такъ, если бъ сравнивались между собою слѣдующіе два раствора:

$NaCl$ въ водѣ и $NaCl$ въ водномъ растворѣ $NaNO_3$

и коэффиціентъ поглощенія CO_2 въ водѣ, при температурѣ опыта $= \alpha$; тогда коэффиціентъ воднаго раствора $NaCl$ могъ бы быть обозначенъ черезъ αm, гдѣ $m < 1$, и съ такимъ же правомъ коэффиціентъ раствора $NaNO_3$ въ водѣ черезъ αn, гдѣ $n < 1$. Тогда, на основаніи сказаннаго выше, можно было бы ожидать, что коэффиціентъ раствора обѣихъ солей будетъ

$$\alpha . m . n.$$

откуда получилось бы далѣе:

$$am : amn = a : an,$$

что на словахъ значило бы слѣдующее:

коэффиціенты поглощенія растворовъ прямо пропорціональны коэффиціентамъ ихъ растворителей.

Теперь привожу опыты съ дозированными такимъ образомъ солями. Дѣлались они при $t = 15{,}2^0$ C., при чемъ коэффиціентъ поглощенія CO_2 водою кладу здѣсь, какъ и во всѣхъ послѣдующихъ опытахъ, равнымъ 1, вмѣсто 1,01 [1]). Всѣ растворы NaCl содержали одинаковое количество воды и такое же количество ея было въ 50 к. см. раствора $NaNO_3$ давшаго коэффиціентъ поглощенія = 0,761. Такимъ, образомъ, составъ обоихъ растворовъ былъ слѣдующій:

NaCl	Вода.	Результ. объемъ.	NaCl	Раств. $NaNO_3$.	Результ. объемъ.
6,28 гр. +	47,80 к. см. =	50 к. см.	6,28 +	50 к. см. =	51,5 к. см.
3,14 „ +	47,80 „ „ =	48,55 „	3,14 +	50 „ „ =	50,7 „ „
1,57 „ +	47,80 „ „ =	47,90 „	1,57 +	50 „ „ =	50,2 „ „

Растворы эти дали слѣдующіе коэффиціенты:

NaCl + вода	NaCl + $NaNO_3$ + вода
0,606	0,466
0,776	0,582
0,885	0,654

Если бы результирующіе объемы сравниваемыхъ между собою паръ были равны, то можно было бы сопоставлять прямо полученные коэффиціенты поглощенія; но теперь приходилось сопоставлять валовыя величины поглощенія, отнесенныя къ объемамъ, именно:

$50 \times 0{,}606 = 30{,}3$ съ $51{,}5 \times 0{,}466 = 24{,}0$
$48{,}45 \times 0{,}776 = 37{,}89$ „ $50{,}7 \times 0{,}582 = 29{,}5$
$47{,}9 \times 0{,}885 = 42{,}39$ „ $50{,}2 \times 0{,}654 = 32{,}83$

[1]) Потому что этимъ значительно упрощаются всѣ будущія вычисленія, а между тѣмъ вычисляемыя величины т.-е. коэффиціенты поглощенія измѣняются немного лишь въ 3-мъ десятичномъ знакѣ, т.-е. въ обычныхъ предѣлахъ ошибокъ наблюденія.

Еслибы, высказанное выше предположеніе оправдалось, то частныя изъ лѣвыхъ чиселъ на правыя должны были бы быть равны частному $\frac{1}{0,761} = 1,314$; мы же получили:

$$\frac{30,3}{24,0} = 1,26; \quad \frac{37,89}{29,50} = 1,27; \quad \frac{42,39}{32,83} = 1,28.$$

Такое же несогласіе получилось и при сопоставленіи произведеній $0,606 \times 0,761$; $0,776 \times 0,761$ и т. д. (т.-е. *α. т. п.*) съ коэффиціентами правыхъ растворовъ; именно

набл. коэфф. . . .	0,466	0,582	0,654
вычисл. » . . .	0,461	0,590	0,673.

Всего ближе къ ожидаемому дало прямое сопоставленіе коэффиціентовъ поглощенія

$$\frac{0,606}{0,466} = 1,30; \quad \frac{0,776}{0,582} = 1,33; \quad \frac{0,885}{0,654} = 1,35.$$

Словомъ, несмотря на колебанія полученныхъ результатовъ всѣ они представляли нѣкоторое приближеніе къ ожидаемому отношенію коэффиціентовъ; и какъ только это было замѣчено мною, въ голову тотчасъ же пришла мысль, что я стою, можетъ быть, на дорогѣ къ открытію числоваго закона наростанія коэффиціентовъ поглощенія съ разжиженіемъ растворовъ. Для этого нужно было взять лишь слѣдующую новую комбинацію растворовъ

1,57 гр. NaCl + 47,80 к. см. воды.
3,14 „ „ + 47,80 „ „ „
6,28 „ „ + 47,80 „ „ „

1,57 гр. NaCl + (1,57 гр. NaCl + 47,80 к. см. воды).
3,14 „ „ + (3,14 „ „ + 47,80 „ „ „).
6,28 „ „ + (6,28 „ „ + 47,80 „ „ „).

Въ верхнемъ столбцѣ во всѣхъ растворахъ растворителемъ служитъ вода, а въ нижнемъ—заключенный въ скобкахъ растворъ NaCl тождественный съ вверхустоящимъ парнымъ. Слѣдовательно, теперь мы имѣемъ для сравненія растворы одной и той же соли, въ которыхъ, при равномъ содержаніи воды, количества соли относятся другъ къ другу какъ числа 1, 2 и 4. Съ цѣлью показать къ какимъ важнымъ выводамъ приводитъ сопоставленіе та-

кихъ растворовъ въ вышеприведенныхъ направленіяхъ и именно при условіи, если коэффиціенты растворовъ пропорціональны коэффиціентамъ растворителей, обозначимъ черезъ α коэффиціентъ воды; черезъ y_1, y_2, y_4 коэффиціенты попарно (вверху и внизу въ скобкахъ) тождественныхъ растворовъ NaCl въ водѣ и наконецъ черезъ y_a, y_b, y_c коэффиціенты внизустоящихъ растворовъ. Тогда получимъ

$$\text{изъ 1-й пары } y_1 : y_a = \alpha : y_1; \text{ откуда } y_a = \frac{y_1^2}{\alpha};$$

$$\text{„ 2-й „ } y_2 : y_b = \alpha : y_2; \text{ „ } y_b = \frac{y_2^2}{\alpha};$$

$$\text{„ 3-й „ } y_4 : y_c = \alpha : y_4; \text{ „ } y_c = \frac{y_4^2}{\alpha};$$

но $y_a = y_2$ и $y_b = y_4$; слѣдовательно

$$\left.\begin{array}{l} y_2 = \dfrac{y_1^2}{\alpha} \\ y_4 = \dfrac{y_2^2}{\alpha} \end{array}\right\} \text{откуда} \quad \begin{array}{l} y_4 = \dfrac{y_1^4}{\alpha^3} \\ y_1 = \sqrt[4]{\alpha^3 y_4} \end{array}$$

Если обозначить, наконецъ, коэффиціентъ наиболѣе слабаго раствора, y_1, черезъ αm, гдѣ $m < 1$, то переходу отъ наиболѣе слабаго раствора къ вдвое и вчетверо болѣе крѣпкому будетъ соотвѣтствовать слѣдующій рядъ коэффиціентовъ

$$\alpha m \quad \alpha m^2 \quad \alpha m^4;$$

а соотвѣтствующему переходу въ обратномъ направленіи — если коэффиціентъ наиболѣе крѣпкаго раствора обозначить черезъ αn,—будетъ соотвѣтствовать рядъ

$$\alpha n \quad \alpha n^{\frac{1}{2}} \quad \alpha n^{\frac{1}{4}}$$

Насколько удовлетворяютъ этимъ отношеніямъ числа предшествующихъ опытовъ, гдѣ при коэффиціентѣ воды (α) равномъ 1, растворы NaCl въ водѣ дали слѣдующіе коэффиціенты: 0,885— наиболѣе слабый растворъ; 0,776—вдвое болѣе крѣпкій; и 0,606— вчетверо болѣе крѣпкій. Стало быть первому числу соотвѣтствуетъ y_1, второму y_2 и третьему y_4. Такимъ образомъ провѣрка даетъ:

$$y_2 = \frac{0{,}885^2}{1} = 0{,}783 \text{ (вм. 0,776)}; \; y_4 = \frac{0{,}776^2}{1} = 0{,}602 \text{ (вм. 0,606)};$$

$$y_4 = \frac{0{,}885^4}{1} = 0{,}613 \text{ (вм. 0,606)}.$$

Согласіе между результатомъ этой провѣрки и ожиданіями получилось уже очень значительное; однако и здѣсь брались для сравненія коэффиціенты неравныхъ по объему растворовъ NaCl, т.-е. величины поглощенія CO_2, такими растворами, въ которыхъ содержаніе солей не соотвѣтствуетъ числамъ 1, 2, и 4 и количества воды не равны между собою. Слѣдовательно прежде чѣмъ идти дальше, нужно было рѣшить вопросъ, нѣтъ ли какой фальши въ принятомъ способѣ дозированія растворовъ. Ниже приведенные опыты показали, что способъ былъ дѣйствительно не вѣренъ.

Положенный въ его основу выводъ изъ прежнихъ опытовъ, что «всѣ явленія поглощенія CO_2 соляными растворами имѣютъ такой видъ, словно поглощающею для газа средою служитъ исключительно вода растворовъ» вѣренъ лишь при условіи, если подъ словомъ «вода» разумѣть не дѣйствительное количество ея въ растворѣ, а объемъ равный объему раствора.

Слѣдовательно растворы NaCl + вода и NaCl + $NaNO_3$ + вода слѣдовало дозировать не на равные объемы воды въ обоихъ случаяхъ, а на равные результирующіе объемы. Приблизительное же согласіе результатовъ опытовъ съ ожиданіями произошло оттого, что для сравненія брались сравнительно слабые растворы, вслѣдствіе чего невѣрное дозированіе мало отличалось отъ вѣрнаго. Все это рѣшили приводимые ниже опыты съ крѣпкими растворами NaCl.

Взяты были три раствора съ одиночнымъ, двойнымъ и четвернымъ содержаніемъ воды, на одно и то же количество соли, и они дали при 12° С. слѣдующіе коэффиціенты: 0,391; 0,615; 0,800.

При $t = 12^0$ С. коэффиціентъ CO_2 въ водѣ равенъ, по *Бунзену*, 1,1018;

слѣдовательно:

$$\frac{0,615^2}{1,1018} = 0,343 \text{ (вмѣсто 0,391)}; \quad \frac{0,800^2}{1,1018} = 0,580 \text{ (вмѣсто 0,615)}.$$

Когда же я развелъ наиболѣе крѣпкій растворъ (съ коэфф. 0,391) водою до двойнаго объема [1]), то получилъ $y = 0,654$; и теперь

$$\frac{0,654^2}{1,1018} = 0,388 \text{ (вмѣсто 0,391)}.$$

---

1) Растворъ съ коэффиціентомъ 0,391 содержалъ 55 gr. NaCl + 200 воды = 218 к. см.; удвоеніе количества воды потребовало 200 к. см.; а удвоеніе объема 220 к. см. воды. Отсюда уже видно, что чѣмъ слабѣе растворъ, тѣмъ меньше разница между обоими способами разжиженія растворовъ.

Итакъ, благодаря послѣдней поправкѣ, вопросъ, поднятый въ началѣ изслѣдованія, разрѣшенъ:

одно и то же количество соли, растворенное до равныхъ объемовъ въ разныхъ растворителяхъ, даетъ жидкости, которыхъ коэффиціенты поглощенія прямо пропорціональны коэффиціентамъ растворителей.

Вмѣстѣ съ тѣмъ открылся путь къ изученію вопроса о числовой зависимости коэффиціентовъ поглощенія отъ концентраціи соляныхъ растворовъ. Этимъ вопросомъ мы и займемся.

2. Прежде всего нужно было испробовать, имѣетъ ли мѣсто найденное выше простое отношеніе между коэффиціентами для всякихъ, вообще, концентрацій раствора. Испробовать это всего удобнѣе для случая, когда коэффиціентъ воды (α въ прежнихъ опытахъ) равенъ 1. Если при этомъ коэффиціентъ наиболѣе слабаго раствора будетъ $m < 1$ и количество соли въ равныхъ объемахъ растворовъ будетъ наростать,

как числа: 1 1,5 2 3 4 5 ...

то соотвѣтствующіе коэффиціенты

должны быть: $m \quad m^{1,5} \quad m^2 \quad m^3 \quad m^4 \quad m^5$..

Если же расположить растворы въ обратномъ порядкѣ, отъ наиболѣе крѣпкаго, съ коэффиціентами $n < 1$, къ слабѣйшимъ и производить разжиженіе такъ, что одно и тоже количество соли растворяется въ объемахъ, увеличивающихся

какъ числа: 1 1,5 2 3 4 5 ...

то соотвѣтствующіе коэффиціенты

должны быть: $n \quad n^{\frac{2}{3}} \quad n^{\frac{1}{2}} \quad n^{\frac{1}{3}} \quad n^{\frac{1}{4}} \quad n^{\frac{1}{5}}$ .....

Такъ какъ приготовленіе растворовъ отъ крѣпкихъ къ болѣе слабымъ болѣе удобно, то провѣрочные опыты и были произведены съ послѣдовательно разжижаемыми растворами.

Для провѣрки были взяты двѣ соли, $NaCl$ и $NaNO_3$. Исходный растворъ $NaCl$ былъ почти насыщенный и содержалъ въ 50 к. см. 15,78 гр. $NaCl + 44,20$ к. см. воды; а растворъ $NaNO_3$ содержалъ въ 50 к. см, 31,26 гр. соли $+ 37,05$ к. см. воды. Объемы растворовъ въ обоихъ рядахъ шли какъ числа 1 1,5 2 3 4 5 6. Къ опытамъ съ $NaNO_3$ былъ прибавленъ еще объемъ 7. Абсорпція

пройзводилась при 15,2° C., т.-е. при $\alpha = 1$.[1]). Въ графѣ «Наблюд. коэфф.» приведены парныя числа, соотвѣтственно двумъ абсорпціометрическимъ опредѣленіямъ въ каждомъ опытѣ съ даннымъ растворомъ. Вычисленные коэффиціенты высчитаны въ обоихъ рядахъ изъ 1-хъ коэффиціентовъ.

Таблица XVI.

Рядъ NaCl.			Рядъ NaNO.		
Объемы.	Наблюд. коэффиц.	Вычисл. коэффиц.	Объемы.	Наблюд. коэффиц.	Вычисл. коэффиц.
1	0,290 0,290		1	0,242 0,246	
1,5	0,422 0,422	0,438	1,5	0,386 0,384	0,390
2	0,530 0,530	0,538	2	0,495 0,495	0,494
3	0,640 0,640	0,662	3	0,621 0,620	0,625
4	0,726 0,731	0,734	4	0,711 0,707	0,703
5	0,778 0,778	0,780	5	0,762 0,762	0,754
6	0,800 0,804	0,813	6	0,795 0,796	0,790
			7	0,835 0,835	0,817

[1]) Въ сущности, при этой температурѣ α не 1, а 1,01; но такъ какъ разница въ результатахъ, при высчитываніи коэффиціентовъ, между тѣмъ и другимъ числомъ очень незначительна (въ 3-мъ десятичномъ знакѣ коэффиціентовъ) то я и принялъ повсюду для $t = 15,2$ C°. $\alpha = 1$.

Въ ряду $NaNO_3$ согласіе наблюденныхъ коэффиціентовъ съ вычисленными, за исключеніемъ двухъ чиселъ, вполнѣ удовлетворительно, если принять во вниманіе, что методъ даетъ съ вѣрностью лишь 2-й десятичный знакъ въ коэффиціентахъ. Числа же въ ряду NaCl требовали провѣрки. На сей конецъ были сдѣланы два новыхъ опыта при 15,2° С.: съ прежнимъ крѣпкимъ растворомъ NaCl и съ разжиженнымъ въ 6 разъ. При этомъ же случаѣ были сдѣланы съ обоими растворами NaCl два опыта при 18,38°. Знаки V, t, p, A, $A_1\frac{p_m}{p_1}$ и y имѣютъ то же значеніе, что во всѣхъ предшествующихъ опытахъ съ растворами, поглощающими CO_2 по закону *Дальтона*.

Степ. разж.	V	t	p	A	$A_1\frac{p_m}{p_1}$	y
1	44,8	15,2° С.	570,72 818,04	7,196 10,305	10,314	0,281
6	„	„	481,45 609,12	17,500 22,217	22,14	0,811
1	44,8	18,38° С.	567,73 814,03	6,798 9,645	9,74	0,267 0,265
6	„	„	494,16 639,34	16,348 21,211	21,15	0,740

Нѣтъ сомнѣнія, что полученные вновь коэффиціенты $y_1=0,281$ и $y_6=0,811$ вѣрнѣе соотвѣтствующихъ коэффиціентовъ 0,290 и 0,802 вышеприведеннаго ряда NaCl, потому что коэффиціенты вычисленные изъ $y_1=0,281$ стоятъ уже очень близко къ полученнымъ изъ опыта

Вычисл. . . .	0,281	0,429	0,530	0,655	0,728	0,775	0,809
Наблюд. . . .		0,422	0,530	0,640	0,729	0,778	0,802

Результатъ опытовъ при 18,38° С. вышелъ тоже удовлетворительный. Здѣсь α (коэфф. воды) не 1-ца и отношеніе между y_1 и y_6 будетъ αm и $\alpha\sqrt[6]{m}$; поэтому $y_6=\left(\frac{y_1}{\alpha}\right)^{\frac{1}{6}}\alpha$; т.-е., наблю-

денный первый коэффиціентъ нужно раздѣлить на коэффиціентъ воды температуры опыта, извлечь изъ частнаго корень 6-й степени и полученное число помножить на коэффиціентъ воды. Въ нашемъ случаѣ

$$y_6 = \left(\frac{0{,}266}{0{,}896}\right)^{\frac{1}{6}} \cdot 0{,}896 = 0{,}732 \text{ (наблюден. } y_6 = 0{,}740).$$

Въ заключеніе приведу еще одинъ провѣрочный опытъ съ тѣмъ же насыщеннымъ растворомъ NaCl при 12° С. и при разжиженіяхъ въ 5 и 6 разъ.

44,8 к. см. при 12° С. и	579,96 мм. поглот. 7,780 к. см.		$y_1 =$	0,300
	815,48 „ „ 11,019 „ „	10,94		0,202

При 12°, по *Бунзену*, $\alpha = 1{,}1018$; слѣд. $\frac{0{,}310}{1{,}1018} = 0{,}273$.

$$(0{,}273)^{\frac{1}{5}} \cdot 1{,}1018 = 0{,}8499; \text{ наблюд. } y_5 = 0{,}845.$$

$$(0{,}273)^{\frac{1}{6}} \cdot 1{,}1018 = 0{,}889; \quad \text{»} \quad y_6 = 0{,}893.$$

3. Теперь, когда существованіе опредѣленнаго числового закона наростанія коэффиціентовъ поглощенія стало несомнѣннымъ, для дальнѣйшаго обсужденія явленій необходимо установить формулу соотвѣтствующей кривой.

Изъ предшествующаго мы уже знаемъ, что искомое выраженіе должно имѣть видъ произведенія изъ коэффиціента воды данной температуры на непрерывно возрастающую дробную величину, именно на дробь съ показателемъ степени, уменьшающимся параллельно увеличенію объема раствора; а такой дробной величиной можетъ быть только $\frac{1}{e}$, потому что всякое число $a > 1$ можетъ быть сведено на e изъ равенства $a^{\frac{1}{la}} = e$. Такимъ образомъ искомое уравненіе кривой должно имѣть слѣдующій видъ

$$y = \alpha e^{-\frac{k}{x}},$$

гдѣ независимая перемѣнная x обозначаетъ степень разжиженія или объемъ солянаго раствора, α коэффиціентъ растворенія CO_2 въ водѣ температуры опыта и k постоянную, значеніе которой будетъ опредѣлено ниже.

Изъ свойствъ этой кривой важно отмѣтить слѣдующія: при $x=\infty$ $y=\alpha$; т.-е., если коэффиціенты соляныхъ растворовъ нарастаютъ по этой формулѣ въ точности, то какъ бы велико ни было разжиженіе, они не могутъ превысить коэффиціентъ воды. Другое важное для насъ свойство,—это существованіе выгиба въ начальной части кривой.

$$\frac{d^2y}{dxe}=\frac{k\alpha e^{-\frac{k}{x}}}{x^4}(k-2x);$$

Пока $2x>k$, кривая обращена вогнутостью къ абсциссѣ; при $x=\frac{k}{2}$ лежитъ точка изгиба (2-я производная равна нулю) и начиная отсюда, кривая обращена къ абсциссѣ выпуклостью. Ордината точки изгиба есть

$$y=\alpha e^{-2}; \text{ при } \alpha=1 \quad y=e^{-2}=0{,}13534.$$

Легко понять, что если бы удалось на опытѣ довести кривую какой-либо соли до точки изгиба и все сказанное касательно ея координатъ подтвердилось, то это было бы наиболѣе вѣскимъ доказательствомъ вѣрности установленной формулы. На этомъ основаніи были предприняты опыты съ пересыщенными растворами $CaCl_2$, CaN_2O_6 и Na_2SO_4; но довести кривую до точки изгиба удалось лишь съ первой солью.

Первые опыты съ растворомъ $CaCl_2$ при 15,2° С. дали слѣдующія числа:

x	1	1,1	1,2	1,35	1,5
y набл.	0,1165	0,1375	0,1655	0,207	0,241
y вычисл.		0,1416	0,1667	0,204	0,238

x	2	3	4	5	8	10
y набл.	0,344	0,5145	0,583	0,675	0,770	0,817
y вычисл. . . .	0,341	0,488	0,585	0,650	0,764	0,806

Первое число несомнѣнно падаетъ на часть кривой, обращенную къ абсциссѣ выпуклостью, потому что при $x=1$, $0{,}1165=e^{-k}$, откуда $k=2{,}15$, слѣдовательно $x<\frac{k}{2}$. Кромѣ того, ордината точки изгиба $y=0{,}135$ должна получиться при $x=\frac{2{,}15}{2}=1{,}075$; у насъ же при $x=1{,}10$ получился $y=0{,}1375$. Большаго совпаденія чиселъ съ формулой ожидать невозможно.

Второй рядъ опытовъ былъ сдѣланъ съ пересыщеннымъ растворомъ $CaCl_2$, застывшимъ послѣ опытовъ въ плотную массу [1]). Къ сожалѣнію, первые два опыта съ этой густой сиропообразной жидкостью, соотвѣтственно $x = 1$ и $x = 1,1$, вышли неудачно (получилось $y_1 = 0,052$ $y_{1,1} = 0,0845$); но съ 3-го опредѣленія ($x = 1,2$) получился правильный рядъ съ тремя ординатами до точки изгиба.

x		1,2	1,3	1,4	1,5	2	2,2	2,4
y	наблюд. . .	0,0947—0,095	0,112	0,1295	0,150	0,241	0,272	0,315
	вычисл. . .	0,09475	0,113	0,128	0,152	0,243	0,276	0,308

Если первое разжиженіе приравнять единицѣ, то послѣдующія три будутъ: 1,0833 1,166 и 1,25 тогда $y = 0,1295$ будетъ соотвѣтствовать абсциссѣ $x = 1,166$. Но

$$\text{при } x = 1 \text{ и } y = e^{-k} = 0,09475, \frac{k}{2} = 1,175;$$

$$\text{слѣдовательно для 1-хъ трехъ абсциссъ } x < \frac{k}{2}.$$

Кромѣ того, по формулѣ, координаты точки изгиба въ данномъ случаѣ суть:

$$x = \frac{k}{2} = 1,175 \quad y = 0,13534;$$

опытъ же далъ: при $x = 1,166$ $y = 0,1295$;
т.-е. крайне близкія числа.

Сверхъ этого были сдѣланы еще два опыта, съ цѣлью узнать составъ раствора $CaCl_2$, дающаго ординату точки изгиба.

Исходный растворъ далъ

$$y = 0,123.$$

Чтобы получить изъ него искомый растворъ, нужно было разжидить исходный съ объема 100, на объемъ 104,6 [2]). Этотъ растворъ далъ

$$y = 0,1349$$

---

[1]) Опыты съ пересыщеннымъ растворомъ CaN_2O_6 тоже прошли удачно; но затѣмъ жидкость отъ случайнаго потрясенія застыла въ массу, плотную какъ камень.

[2]) Если для исходнаго раствора $y = e^{-k} = 0,123$, то для искомаго $y' = e^{-\frac{k}{z}} = 0,135$; откуда $z = \frac{\log.\ 0,123}{\log.\ 0,135} = 1,046$.

По окончаніи опыта жидкость для анализа была взята изъ абсорпціометра и дала:

въ 100 к. см. раств. . . . . $\begin{cases} 48{,}20 \text{ гр. } CaCl_2 \\ 85{,}96 \text{ „ воды,} \end{cases}$

т.-е. почти 11 H_2O на $CaCl_2$ (10,99 вмѣсто 11).

4. Теперь я покажу, что кривая $CaCl_2$ совпадаетъ съ извѣстными уже намъ кривыми $NaNO_3$ $NaCl$, какъ этого требуетъ общая для нихъ формула, при одинаковой величинѣ α во всѣхъ трехъ случахъ (всѣ три кривыя получены при одной и той же температурѣ).

Съ этой цѣлью высчитаемъ въ кривой $CaCl_2$ по числамъ для x и y исходнаго раствора (т.-е. по $x = 1{,}2$ и $y = 0.09475$) соотвѣтствующія ординатамъ 0,13534, 0,244 и 0,281 абсципсы. Онѣ будутъ поочередно:

1,413 2,004 2,228

Примемъ далѣе для точки изгиба, вмѣсто абсциссы $x = 1{,}413$ абсциссу $x = 1$; тогда вмѣсто трехъ послѣднихъ чиселъ будемъ имѣть:

$$x = 1 \quad x = 1{,}42 \quad x = 1{,}58$$

Но при $x = 1$; ордината точки изгиба есть $y = e^{\frac{-2}{1}}$: слѣдовательно тремъ послѣднимъ абсцисамъ будутъ соотвѣтствовать слѣдующія ординаты:

$$y = e^{\frac{-2}{1}} = 0{,}13534; \; y = e^{\frac{-2}{1{,}42}} = 0{,}244 \text{ и } y = e^{\frac{-2}{1{,}58}} = 0{,}281.$$

Теперь обратимся къ начальнымъ коэффиціентамъ поглощенія CO_2 въ кривыхъ $NaNO_3$ и $NaCl$.

для кривой $NaNO_3$ $y = e^{\frac{-k}{1}} = 0{,}244$;

При $x = 1$ они были:

для $NaCl$ $y = e^{\frac{-k}{1}} = 0{,}281$

откуда

для $NaNO_3$ $k = 1{,}41$
» $NaCl$ $k = 1{,}26$

Итакъ, если кривыя обѣихъ этихъ солей дѣйствительно совпадаютъ съ кривою $CaCl_2$, то k кривой $NaNO_3$ долженъ быть ра-

вѣнъ частному $\frac{2}{1,42}$, а k кривой NaCl долженъ быть равенъ частному $\frac{2}{1,58}$; и это дѣйствительно имѣетъ мѣсто:

$$\frac{2}{1,42} = 1,41; \quad \frac{2}{1,58} = 1,26.$$

Такимъ образомъ, на мѣсто постоянной k въ нашей формулѣ становится число 2, если 1-цей мѣры для абсциссъ принять длину абсциссы точки изгиба $\frac{k}{2} = 1$. При этомъ условіи формула наша пріобрѣтаетъ болѣе опредѣленный видъ

$$y = \alpha e^{-\frac{2}{x}};$$

и для $\alpha = 1$.

$$y = e^{-\frac{2}{x}} \text{ [1]}).$$

5. Теперь слѣдовало бы по порядку разсмотрѣть важный вопросъ о вліяніи температуры на поглощательную способность соляныхъ растворовъ. Выше, въ концѣ § 1, прежде чѣмъ могла быть установлена наша основная формула, былъ приведенъ слѣдующій выводъ изъ предшествовавшихъ опытовъ: одно и то же количество соли, будучи растворено до равныхъ объемовъ въ разныхъ растворителяхъ, даетъ жидкости, коэффиціенты поглощенія которыхъ прямо пропорціональны коэффиціентамъ растворителей. Отсюда вытекало само собою, что такое же отношеніе между коэффиціентами растворовъ и растворителей должно существовать и въ случаѣ, когда одинаковое количество соли растворяется до равныхъ объемовъ въ водѣ разныхъ температуръ. То же самое показываетъ и уравненіе $y = \alpha e^{-\frac{k}{x}}$,

---

[1]) Въ моей рабочей записной книгѣ изъ опытовъ при 15,2° С. находятся коэффиціенты слѣдующихъ насыщенныхъ и пересыщенныхъ (послѣдніе обозначены звѣздочкой) растворовъ:

	$CaCl_2$	LiCl	CaN_2O_6	$MgSO_4$	$ZnSO_4$	Na_2SO_4
Коэффиціенты	0,09475	0,122	0,1445	0,188	0,209	0,2335
Изъ уравненія $y = e^{\frac{2}{x}}$ имъ соотвѣтствуютъ абсциссы . . .	0,848	0,950	0,033	1,196	1,265	1,375

если оно вѣрно для всѣхъ вообще температуръ, такъ какъ съ измѣненіемъ температуры въ этомъ выраженіи измѣняется только величина α (т.-е. величина коэффиціента растворенія CO_2 въ водѣ). Легко понять, что если бы послѣднее было доказано хотя бы опытами на двухъ-трехъ соляныхъ растворахъ при двухъ-трехъ значительно отстоящихъ другъ отъ друга температурахъ, то весь вопросъ о вліяніи тепла на наши явленія былъ бы исчерпанъ: кривыя поглощенія всѣхъ вообще солей, слѣдующія нашему закону, представляли бы систему параллельныхъ кривыхъ. Къ сожалѣнію, получать съ моимъ абсорпціометромъ точные результаты при температурахъ, значительно отстоящихъ отъ комнатной температуры, очень трудно; поэтому я былъ вынужденъ отказаться отъ моихъ опытовъ; тѣмъ болѣе, что кривыя поглощенія, какъ мы увидимъ въ слѣдующемъ параграфѣ, представляютъ нѣкоторыя уклоненія отъ основного уравненія. Къ тому же здѣсь приходится имѣть дѣло съ явленіями сравнительно очень сложными, ибо согрѣваніе всякаго даннаго раствора соли всегда ведетъ за собою три вліянія, измѣняющія его поглощательную способность: измѣненіе объема раствора, пониженіе величинъ поглощенія газа растворителемъ и способствованіе диссоціаціи соли въ растворѣ. Разобраться въ этихъ явленіяхъ можно было только при температурахъ, значительно отстоящихъ другъ отъ друга. Такимъ образомъ, весь вопросъ остается открытымъ. Приводимые ниже два ряда опытовъ заслуживаютъ вниманія лишь потому, что они были сдѣланы въ то время, когда я и не предчувствовалъ еще существованія закона наростанія коэффиціентовъ. Это—опыты съ растворами NaCl при 18,38° и 21,7° С., приведенные въ табл. X. Въ обоихъ рядахъ на одинъ и тотъ же объемъ раствора содержаніе соли соотвѣтствовало 1, 2, 3, 4, 5, 6; и это дало возможность перевести концентрацію на разжиженіе, принявъ степень разжиженія наиболѣе крѣпкаго раствора равной 1; тогда послѣдующія степени были 1,2; 1,5; 2; 3; 6. Коэффиціентъ поглощенія CO_2 водою при 18,38° С. равенъ по моимъ опытамъ 0,896; а при 21,7° С.— 0,825. Провѣрочныя числа въ обоихъ рядахъ (вычисленные по 1-му наблюденному коэффиціенту; остальные члены ряда изъ уравненія $y = \alpha e^{-\frac{k}{x}}$) высчитаны этими коэффиціентами, и со-

гласіе полученныхъ такимъ образомъ чиселъ съ наблюденными несомнѣнно. Ради полноты приведенъ еще рядъ чиселъ въ скобкахъ, представляющій провѣрку, насколько между коэффиціентами растворовъ и коэффиціентами растворителей существуетъ пропорціональность; числа эти получены изъ наблюденныхъ при 18,38⁰ коэффиціентовъ, помноженіемъ ихъ на отношеніе между коэффиціентами растворителей $\frac{0,825}{0,896}$.

		x	1	1,2	1,5	2	3	6
18,38⁰ C.	y	наблюд.	0,427	0,483	0,533	0,610	0,702	0,795
		вычисл.		0,483	0,546	0,618	0,700	0,792
21,7⁰ C.	y	наблюд.	0,394	0,437	0,497	0,560	0,630	0,726
		вычисл.		0,445	0,504	0,570	0,645	0,729
			(0,393)	(0,444)	(0,491)	(0,562)	(0,646)	(0,372)

6. Выше, при обсужденіи собранныхъ въ табл. XVI чиселъ для $NaNO_3$, было сказано, что если имѣть въ виду сравнительную грубость способа, дающаго съ точностью только 2-й десятичный знакъ въ коэффиціентахъ, то согласіе чиселъ съ формулой, за исключеніемъ послѣдняго числа, оказывается вполнѣ удовлетворительнымъ. Рядомъ съ этимъ не могло однако не броситься въ глаза слѣдующее обстоятельство: первыя 4 числа, соотвѣтствующія болѣе крѣпкимъ растворамъ, болѣе согласны съ формулой, чѣмъ остальныя; послѣднія же сплошь выше вычисленныхъ, а число, соотвѣтствующее разжиженію въ 7 разъ, превышаетъ вычисленное даже во 2-мъ десятичномъ знакѣ. Это обстоятельство невольно заставляетъ думать, что согласіе чиселъ съ формулой до 2-го десятичнаго знака не есть еще согласіе дѣйствительное, что уклоненіе коэффиціентовъ въ сторону болѣе быстраго наростанія существуетъ, можетъ быть, и въ началѣ кривыхъ, но не ощутительно, проявляясь замѣтно лишь при сильныхъ разжиженіяхъ.

Съ цѣлью наиболѣе доказательнаго рѣшенія этого вопроса были взяты для опытовъ (при 15,2⁰ C.) растворы двухъ солей (Na_2SO_4 и $CaCl_2$), завѣдомо сильно связывающихъ воду, гдѣ поэтому уклоненій отъ формулы можно было ожидать всего меньше. Особенно поучительны вышли два ряда опытовъ съ Na_2SO_4, изъ которыхъ для перваго служилъ исходнымъ матеріаломъ пересыщенный растворъ.

Вотъ эти ряды

Na_2SO_4

x		1	2	3	4	5	6
y	наблюд. . . .	0,2335	0,485	0,620	0,700	0,7535	0,790
	вычисл. . . .		0,483	0,616	0,695	0,748	0,785

Для 2-го ряда опытовъ былъ взятъ болѣе слабый растворъ

x		1	1,5	2	3	4	6
y	наблюд. . . .	0,6455	0,7525	0,809	0,876	0,910	0,950
	вычисл. . . .		0,746	0,803	0,864	0,896	0,929

Вторую кривую легко высчитать, какъ продолженіе первой изъ уравненія $\frac{\log 0,2335}{x} = \log\ 0,6455$. Тогда абсциссы 2-го отрѣзка кривой будутъ: 3,323, 4,984....19,938. Стало быть последній коэффиціентъ 2-го ряда будетъ соотвѣтствовать разжиженію пересыщеннаго раствора почти въ 20 разъ. Оба ряда поучительны въ томъ отношеніи, что *наблюденныя величины отъ начала до конца выше вычисленныхъ и превышаютъ ихъ тѣмъ больше, чѣмъ сильнѣе разжиженъ растворъ; но вмѣстѣ съ этимъ представляютъ наростаніе безъ скачковъ.*

То же дало въ сущности сильное разжиженіе пересыщеннаго раствора $CaCl_2$.

x		1	1,5	15	30
y	наблюд.	0,097	0,210	0,867	0,9435
	вычисл.		0,211	0,856	0,925 [1]

Въ предшествующихъ опытахъ съ этой солью, при крайне слабыхъ разжиженіяхъ пересыщеннаго раствора, всегда получалось значительное согласіе наблюденныхъ коэффиціентовъ съ требованіями формулы; и здѣсь для разжиженія 1,5 получилось то же самое; уклоненіе же послѣднихъ чиселъ отъ формулы несомнѣнно, какъ лежащее далеко за предѣлами ошибокъ наблюденія.

[1] Чтобы убѣдиться разъ навсегда, что замѣченное въ этихъ опытахъ уклоненіе коэффиціентовъ отъ основной формулы не могло произойти отъ того, что я ради простоты расчета принималъ $\alpha = 1$, тогда какъ по моимъ же опытамъ $\alpha = 1,01$, ниже приведена разница между коэффиціентами, высчитанными по $\alpha = 1$ и $\alpha = 1,01$.

$$\left(\frac{0,097}{1,01}\right)^{\frac{1}{30}} . 1,01 = 0,9258 \text{ вмѣсто } 0,925 \text{ (при } \alpha = 1).$$

Na_2SO_4 и $CaCl_2$ были взяты какъ соли, сильно связывающія воду; теперь я приведу въ противоположность къ нимъ соль крайне легко диссоціирующуюся, именно PbN_2O_6. Крѣпкій растворъ этой соли далъ слѣдующія числа:

		1	1,3	2,6
x		1	1,3	2,6
y	наблюд.	0,620	0,697	0,851
	вычисл.		0,692	0,832

Такимъ образомъ:

1) въ виду того, что одинаковое уклоненіе коэффиціентовъ отъ требованій формулы получилось на соляхъ, представляющихъ въ абсорпціометрическомъ отношеніи крайности, и 2) въ виду того, что при постепенно наростающемъ разжиженіи коэффиціенты могутъ наростать не иначе, какъ непрерывно;

изъ приведенныхъ примѣровъ вытекаетъ, что

кривыя поглощенія CO_2 *соляными растворами восходятъ вообще нѣсколько круче противъ требованія уравненія* $y = \alpha e^{-\frac{k}{x}}$;

и рядомъ съ этимъ фактомъ, какъ неизбѣжное послѣдствіе изъ него,

что при очень сильномъ разжиженіи соляныхъ растворовъ, ихъ кривыя поднимаются надъ уровнемъ поглощенія CO_2 *водою соотвѣтствующихъ температуръ.*

Въ самомъ дѣлѣ, если бы коэффиціенты поглощенія строго наростали по уравненію $y = \alpha e^{-\frac{k}{x}}$, то предѣломъ ихъ наростанія былъ бы коэффиціентъ воды, потому что при $x = \infty$ $y = \alpha$; но наростаніе ихъ происходитъ болѣе быстро, значитъ при очень сильныхъ разжиженіяхъ раньше или позже они во всякомъ случаѣ должны подняться выше уровня поглощенія газа водою.

7. Теперь я напомню читателю опыты съ щавелевокислымъ натромъ и графическое изображеніе полученныхъ съ этой солью результатовъ (выше § 8). Опыты дали ясное поднятіе коэффиціентовъ соляного раствора надъ уровнемъ поглощенія CO_2 водою, съ послѣдующимъ затѣмъ пониженіемъ ихъ, при дальнѣйшемъ разжиженіи растворовъ. Повышеніе было истолковано какъ знакъ ничтожнаго по величинѣ разложенія сильно диссоціированной соли угольной кислотою. Можно ли было не думать въ виду такихъ фактовъ, что подобные же признаки раз-

ложенія соли получатся, можетъ быть, и на растворахъ солей съ сильными минеральными кислотами, при крайнихъ степеняхъ разжиженія, потому что сила этихъ кислотъ во всякомъ случаѣ не безконечно велика въ сравненіи съ силою угольной кислоты? Эту возможность я имѣлъ въ виду при слѣдовавшихъ затѣмъ опытахъ съ NH_4NO_3, но они дали въ этомъ отношеніи отрицательные результаты—ни въ одномъ изъ опытовъ не получилось яснаго повышенія коэффиціентовъ надъ уровнемъ поглощенія CO_2 водою; и мысль эта была оставлена. Но теперь экспериментальная провѣрка того же самаго факта требовалась вновь и даже болѣе настойчиво, чѣмъ прежде. Поэтому я рѣшился на таковую, обставивъ опытъ всевозможными предосторожностями.

Съ этой цѣлью, ради контроля результатовъ, дѣлались непосредственно другъ за другомъ, по возможности при одинаковыхъ условіяхъ, два опыта: одинъ съ растворомъ испытуемой соли, а другой съ водой, употреблявшейся для растворенія соли. Вода была испробована выпариваніемъ большого количества на чистоту и не дала съ фенолфталеиномъ ни малѣйшихъ слѣдовъ щелочности. Въ обоихъ случаяхъ опыты дѣлались подъ давленіями, отстоящими другъ отъ друга болѣе чѣмъ на 300 мм., чтобы зависимость явленій отъ давленія выступала рѣзко.

Какъ физіологъ, я выбралъ для опыта такъ наз. физіологическій растворъ NaCl, 6 на 1000 воды.

Имя.	V	t	p	A	$A_1 \frac{p_2}{p_1}$	α	
Вода.	46,44	15,2° C.	115,02	5,366		1,004	1,010
			448,35	21,156	20,919	1,016	
Физіолог. растворъ NaCl.	46,44	15,2° C.	92,39	4,508		1,050	1,048
			431,71	20,981	21,06	1,046	

Опытъ удался — съ водой получился коэффиціентъ, выведенный изъ прежняго ряда опытовъ, а съ солянымъ раство-

ромъ—коэффиціентъ, превышающій водный во 2-мъ десятичномъ знакѣ.

Такимъ образомъ ожиданіе подтвердилось—вмѣстѣ съ повышеніемъ коэффиціента надъ уровнемъ поглощенія CO_2 водою доказано ничтожное по величинѣ разложеніе сильно диссоціированной соли угольной кислотою.

Для дальнѣйшей провѣрки послѣдняго факта были сдѣланы опыты съ поглощеніемъ CO_2 растворами кислотъ. Если результатъ, полученный на растворѣ $NaCl$, стоитъ дѣйствительно въ прямой связи съ химической реакціей между CO_2 и основаніемъ соли, то соотвѣтствующаго повышенія коэффиціентовъ поглощенія на растворахъ кислотъ быть не должно.

Для пробъ слѣдовало брать лишь такія кислоты, которыя въ чистомъ видѣ представляютъ твердыя тѣла, потому что уравненіе наше вѣрно лишь для такихъ случаевъ. Поэтому между минеральными кислотами для опытовъ была взята метафосфорная кислота, а изъ органическихъ—лимонная и виннокаменная [1]).

Первый наиболѣе крѣпкій растворъ PHO_3 содержалъ въ 100 к. см. 73,732 гр. кислоты и далъ $y = 0{,}1635$, а на другой день, при повтореніи опыта (при чемъ, разумѣется, растворъ кипятился въ пустотѣ передъ опытомъ вновь) получилась $y = 0{,}132$. Жидкость дала съ $AgNO_3$ осадокъ, значитъ часть PHO_3 перешла въ PH_3O_4, вслѣдствіе чего коэффиціентъ понизился, какъ въ смыслѣ SH_2O_4 съ малыми количествами воды. Разжиженіе новаго раствора вдвое и вчетверо дало хотя и неудовлетворительныя, но уже болѣе близкія къ закону числа. Поэтому жидкость была вновь сильно прокипячена, и, начиная съ y_8, получился уже правильный рядъ.

---

1) Рядомъ съ этимъ мнѣ все-таки хотѣлось испробовать жидкую кислоту, и взявъ съ этой цѣлью густую, сиропообразную молочную, ожидалъ, что она дастъ очень низкій коэффиціентъ. Полученные съ нею странные результаты привожу, какъ необъяснимый курьезъ, будучи увѣренъ, что въ самомъ опытѣ ошибки не было.

x	1	2	4	8
y	1,436—1,441	0,956	0,9355	0,970

Неразжиженная жидкость поглотила CO_2 почти въ полтора раза больше чѣмъ вода; съ разжиженіемъ, вмѣсто увеличенія, поглощеніе уменьшалось до разжиженія въ 4 раза включительно.

Въ приводимомъ ниже ряду коэффиціентовъ провѣрочныя числа отъ y_8 къ y_{128} и назадъ къ y, высчитаны помощью y_8.

		1	2	4	8	16	32	64	128
x		1	2	4	8	16	32	64	128
y	наблюд. . . .	0,132	0,293	0,519	0,709	0,841	0,915	0,960	0,984
	вычисл. . . .	0,068	0,252	0,503		0,842	9,917	0,958	0,979

Лимонная кислота.

x		1	1,5	2	3	6	12	50
y наблюд.	0,719	0,7935	0,841	0,893	0,950	0,975	1,007
вычисл.		0,803	0,848	0,896	0,946	0,973	0,995

Винно-каменная кислота.

x	1	2	3	30	60
y наблюд.	0,6215	0,785	0,849	0,988	1,0035
вычисл.		0,788	0,854	0,984	0,992

Во всѣхъ трехъ случаяхъ быстрѣйшаго противъ формулы нарростанія коэффиціентовъ не получилось.

Такимъ образомъ всѣ приведенные доселѣ опыты приводятъ къ слѣдующимъ окончательнымъ выводамъ:

Насколько сила крѣпкихъ минеральныхъ кислотъ не безконечно велика въ сравненіи съ угольною кислотою, послѣдняя дѣйствуетъ на диссоціированную въ растворѣ соль разлагающимъ образомъ, отнимая въ свою сторону тѣмъ большее количество основанія, чѣмъ жиже растворъ. На этомъ основаніи реакція между CO_2 *и соляными растворами двойная — соперничанье между* CO_2 *и солью изъ-за воды и изъ-за основанія; соперничанью изъ-за воды соотвѣтствуетъ поглощеніе газа по уравненію* $y = e^{-\frac{\kappa}{x}}$*; соперничанью изъ-за основанія — быстрѣйшее противъ формулы наростаніе коэффиціентовъ.*

Вмѣстѣ съ этимъ, *разница между растворами солей, образованныхъ слабыми и крѣпкими кислотами въ дѣлѣ поглощенія* CO_2 *оказывается лишь количественной: въ первыхъ, химическая реакція между растворомъ и газомъ выступаетъ рѣзко и на крѣпкихъ растворахъ; а во вторыхъ, она дѣлается замѣтной лишь на сильно разжиженныхъ, да и здѣсь разложеніе соли столь незначительно, что поглощеніе газа совершается по закону Дальтона.*

Угольная кислота крови.

Mèm. de l'acad. Imp. d. sc. de St. Pétersb. VII Sèrie.

T. XXVI, № 13. 1879.

Ко времени, какъ было мною начато предлагаемое изслѣдованіе (къ 70-мъ годамъ), наиболѣе крупныя стороны вопроса объ угольной кислотѣ крови были уже выяснены и господствовавшее тогда представленіе о состояніи этого газа въ крови сводилось къ слѣдующему: наибольшая часть CO_2 приходится на долю плазмы, и веществомъ послѣдней, связывающимъ газъ химически, является главнымъ образомъ Na_2CO_3. Протекая по непрерывно развивающимъ CO_2 тканямъ, плазма крови отчасти растворяетъ ее, отчасти связываетъ химически, при чемъ Na_2CO_3 превращается не вполнѣ въ бикарбонатъ. Черезъ это плазма становится способной отдавать въ воздушную полость легкаго путемъ диффузіи не только растворенную часть газа, но и часть химически связанной CO_2, насколько именно послѣдняя находится въ бикарбонатѣ въ подвижномъ состояніи. Такъ же въ сущности, только менѣе опредѣленно, объяснялось и участіе кровяныхъ шариковъ въ дыхательномъ обмѣнѣ CO_2 (т.-е. въ поглощеніи ея въ тканяхъ и въ отдачѣ легочному воздуху), такъ какъ, по анализамъ золы, красные шарики содержатъ щелочь, и опытами *Цунтца* [1]) было доказано, что они связываютъ CO_2 въ большемъ количествѣ и болѣе слабо, чѣмъ щелочи сыворотки.

Всѣ эти крупные факты были на лицо; но детальной разработки ихъ еще не было—недоставало наблюденій, не участвуютъ ли въ дыхательномъ обмѣнѣ и другія составныя части крови, кромѣ ея щелочей. Такъ, въ 1868 г. былъ затронутъ

1) *Zuntz*, Verth. d. Kohlens. im Blut. Centralbl. f. d. med. Wiss. 1867. № 34.

(ученикомъ *Гоппе-Зейлера*) *Сертоли* вопросъ о кислотномъ характерѣ бѣлковъ плазмы [1]), оставшійся неразрѣшеннымъ, но получившій нѣкоторую вѣроятность послѣ того, какъ имъ было доказано, что глобулины хрусталика способны разлагать въ пустотѣ углекислыя щелочи. Кромѣ того, всѣ почти перечисленные выше факты были выведены изъ наблюденій выхожденія газовъ изъ крови (т.-е. опытами кипяченія крови въ пустотѣ), не дающихъ точнаго представленія о состояніи газовъ въ жидкости;— недоставало, другими словами, абсорпціометрическихъ опытовъ, которыми состояніе газовъ въ жидкостяхъ опредѣляется непосредственно.

Предлагаемое изслѣдованіе и было мною предпринято съ цѣлью пополнить этотъ пробѣлъ.

Сначала, за неимѣніемъ возможности получать плазму въ чистомъ видѣ, я стараюсь опредѣлить на сывороткѣ различныхъ животныхъ общій характеръ отношенія ея къ CO_2. Затѣмъ перебираю поочередно всѣ вещества сыворотки, могущія принимать участіе въ химическомъ поглощеніи этого газа, и пробую по изученнымъ такимъ образомъ отношеніямъ отдѣльныхъ веществъ къ CO_2 воспроизвести опредѣленный ранѣе абсорпціометрическій характеръ цѣльной сыворотки. Всѣ эти данныя, вмѣстѣ съ необходимыми предварительными опытами, составляютъ первую часть изслѣдованія. Вторая половина его посвящена изученію отношенія веществъ кровяныхъ шариковъ къ угольной кислотѣ.

Абсорпціометрическій методъ тотъ же, что описанъ въ моемъ изслѣдованіи о поглощеніи CO_2 соляными растворами.

I.

Сыворотка.

Сыворотка, какъ извѣстно, отдаетъ въ пустоту лишь часть химически связанной CO_2, и тѣмъ большую, чѣмъ больше, при прочихъ равныхъ условіяхъ, выкачиваніе. Обстоятельство это, на первый взглядъ до крайности вредное для моихъ опытовъ, оказалось, по счастію, далеко не столь вреднымъ, какъ я ожи-

[1]) *Sertoli*, Ueb. d. Bind. d. Kohlens. Med. chem. Unters. v. Hoppe-Seyler. H. III. 1868.

далъ. Оказалось именно, что для опытовъ, имѣющихъ цѣлью опредѣленіе абсорпціометрическаго характера сыворотки, въ сущности все равно, брать ли жидкость, выкачанную вполнѣ или не вполнѣ: въ обоихъ случаяхъ поглощеніе CO_2 сохраняетъ свойственный ему характеръ, такъ какъ послѣдній опредѣляется тою наиболѣе подвижною частію газа, которая выдѣляется и при неполномъ выкачиваніи. Притомъ же у меня было въ рукахъ вѣрное средство доводить выкачиваніе до полнаго или почти полнаго освобожденія жидкости отъ газовъ. На сей конецъ газы, выдѣлявшіеся изъ сыворотки, при непрерывной работѣ насоса проводились черезъ литровый шаръ надъ пріемникомъ для пѣны и черезъ 2 Вульфовы склянки, въ 1,5 литра емкостью каждая, изъ коихъ первая, ближайшая къ сосуду съ выкачиваемой жидкостью, окружалась льдомъ и служила холодильникомъ, а вторая, ближайшая къ насосу, была наполнена сѣрной кислотой, служила сушилкой и вмѣстѣ съ тѣмъ указателемъ развивающихся газовъ и паровъ воды. Прекращеніе выдѣленія газовъ тотчасъ же узнавалось изъ полнаго уничтоженія пузырей пара, проходившихъ черезъ сѣрную кислоту.

Это выкачиваніе производилось всегда въ томъ самомъ сосудѣ, изъ котораго жидкость имѣла потомъ переводиться въ пріемникъ абсорпціометра (см. способъ въ монографіи «О поглощеніе CO_2 соляными растворами»); но передъ этимъ въ ней пополнялись происшедшія при выкачиваніи потери воды.

Прежде всего было необходимо предварительное рѣшеніе слѣдующихъ вопросовъ:

1) какъ измѣняется поглощательная способность сыворотки при стояніи ея въ теченіе нѣсколькихъ дней во льду; и

2) какъ измѣняется эта способность отъ очень малыхъ примѣсей къ ней красныхъ кровяныхъ шариковъ.

Первое было необходимо потому, что я имѣлъ возможность дѣлать лишь одинъ опытъ въ день; а второе—потому, что собиравшаяся, *чистая на глазъ* сыворотка не могла не содержать маленькой примѣси шариковъ.

По первому изъ этихъ вопросовъ обѣ сравниваемыя между собою порціи сыворотки, освобождались отъ газовъ вмѣстѣ и одновременно. Примѣрами могутъ служить приведенные въ табл. I опыты съ собачьей сывороткой разной свѣжести.

Въ этой таблицѣ и во всѣхъ послѣдующихъ *V* обозначаетъ объемъ жидкости, *t* температуру; *p* давленіе, *A* валовыя величины поглощенія; *Vx* величины химическаго поглощенія. Послѣднія во всѣхъ опытахъ высчитаны однимъ и тѣмъ же коэффиціентомъ растворенія. Всѣ газовые объемы сведены на 0° и 1 м. и выражены въ куб. см. (См. таб. стр. 154).

Изъ чиселъ таблицы видно, что поглощательная способность начинаетъ явственно падать лишь по истеченіи 5 дней. Впослѣдствіи мы увидимъ, что отношеніе величинъ химическаго поглощенія къ колебаніямъ давленія тоже не измѣняется въ теченіе того же срока. Поэтому всѣ сравнительныя опредѣленія дѣлались мною въ теченіе 2 и никакъ не позже 3 послѣдовательныхъ дней.

Для опредѣленія величины ошибокъ отъ примѣси къ сывороткѣ красныхъ шариковъ, я сравнивалъ величины поглощенія (валовыя и химическія) двухъ порцій одной и той же собачьей сыворотки—одной совершенно чистой, а другой съ примѣсью сукровицы до явственно краснаго оттѣнка. Результатъ виденъ изъ приводимыхъ цифръ.

№	*V*	*t*	*p*	*A*	*Vx*	Особыя примѣчанія.
			622,78	37,148	9,28	
1	45,21	15,2° C.	724,71	41,772	9,33	Чистая сыворотка.
			876,73	48,652	9,41	
			593,75	37,703	10,02	
6	„	„	715,53	42,770	10,57	Съ примѣсью сукровицы.
			852,58	48,822	10,52	

На основаніи этихъ цифръ можно утверждать съ увѣренностью, что ошибки отъ примѣси слѣдовъ красныхъ кровяныхъ шариковъ къ сывороткѣ не могутъ имѣть никакого значенія.

Теперь остается сказать еще о коэффиціентахъ растворенія, которыми высчитывались и будутъ высчитываться величины химическаго поглощенія.

Таблица I.

№	*V*	*t*	*p*	*A*	*Vx*	Особыя примѣчанія.
			622,78	37,148	9,28	Свертыв. крови во льду.
1	45,21	$15{,}2^0$ C.	724,71	41,772	9,33	Опытъ черезъ 36 час. послѣ кровопуск.
			876,73	48,652	9,41	
			398,26	26,619	8,7	Свертыв. во льду.
		$15{,}2^0$ C.	437,35	28,594	8,9	Опытъ черезъ 5 дней послѣ кровопуск.
2	45,62		467,78	30,068	9,0	
		$15{,}2^0$ C.	649,79	38,099	8,9	Та же сыворотка 24 часа спустя.
			811,37	45,510	9,0	
			204,01	16,418	7,24	
	45,21	$15{,}2^0$ C.	222,24	17,210	7,21	10 дней во льду послѣ кровопусканія.
			246,67	18,468	7,37	
3			633,62	35,946	7,43	
	45,21	$15{,}2^0$ C.	733,61	40,429	7,42	Та же сыворотка черезъ 24 часа.
			863,03	46,342	7,51	
4	45,21	$15{,}2^0$ C.	80,97	9,693	6,0	5 дней во льду.
	»	»	82,00	9,718	6,0	Та же сывор. черезъ 24 ч.
			634,55	33,245	4,55	
	45,21	$15{,}2^0$ C.	727,72	37,509	4,61	1 об. свѣж. сывор. + 1 об. воды.
			846,81	42,929	4,65	
5			635,09	32,894	4,18	
	45,21	$15{,}2^0$ C.	726,75	37,286	4,43	Та же смѣсь черезъ 24 ч.
			844,36	12,580	4,41	

Величины эти, вычисленныя изъ валоваго поглощенія по формулѣ *Ферне* [въ табл. II онѣ обозначены буквой *y*], оказываются одинаковыми для всѣхъ изслѣдованныхъ мною сывоpотокъ и въ то же время очень близкими къ коэффиціентамъ растворенія CO_2 въ водѣ соотвѣтствующей температуры. Для $t = 15,2^0$ C. онѣ среднимъ числомъ равняются 0,99 (коэф. воды = 1,01). Понятно, что опредѣленія этой величины изъ опытовъ съ подкисленной сывороткой тоже не были упущены изъ вида; но пришлось убѣдиться, что этимъ путемъ нельзя получить вѣрныхъ результатовъ, потому что химическое поглощеніе CO_2 сывороткой уничтожается лишь при значительномъ избыткѣ кислоты. Въ одномъ изъ опытовъ, съ такимъ избыткомъ SH_2O_4, коэффиціентъ оказался = 0,976 при $15,2^0$ C. На этомъ основаніи я принялъ для всѣхъ опытовъ, при всѣхъ температурахъ *y* равнымъ коэффиціенту воды данной температуры, помноженному на 0,99. Кромѣ того, въ виду важности опытовъ съ кровью при температурѣ животнаго тѣла, пришлось сдѣлать нѣсколько опытовъ съ водою при 37^0—$37,5^0$ C. По счастію, первые же два опыта вышли настолько удачными, что умножать ихъ число не потребовалось. Вотъ эти опыты.

№	V	t	p	A	$A_1 \frac{p_2}{p_1}$	y
7	50,179	37—37,5^0 C.	432,55	12,354		0,569
			570,68	16,423	16,299	0,573
8	„	„	369,85	10,569		0,569
			474,95	13,511	13,572	0,569

2. Въ слѣдующей за симъ табл. II собраны всѣ данныя, совокупностью которыхъ опредѣляется абсорпціометрическій характеръ сыворотки, какъ жидкости, способной связывать CO_2 химически, именно вліяніе на величину химическаго поглощенія степени щелочности, концентраціи, давленія и темпаратуры. Въ опытахъ, которые предназначались для опредѣленія вліянія ще-

Таблица II.

№	Щелочн.	V	t	p	A	y	Vx	Хим. погл. на 100 к. см. сыв.	Примѣчанія.
				Вліяніе степени выкачиванія и щелочности.					
								Кубич. см.	
9	0,173	45,65	15,2^0 C.	598,28 679,57 830,48	38,848 42,524 49,441	0,99 1,004	11,8 11,8 11,8	Ожид. 27,75 Получ. 25,84	Тел. сывор., выкач. не вполнѣ.
10	1,190	50,179	15,2^0 C.	507,16 682,70	40,848 49,604	0,99	15,65 15,69	Ожид. 30,48 Получ. 31,3	Тел. сыворотка, выкач. вполнѣ.
11	0,177	53,05	16,6^0 C.	574,60 657,36 799,28 69,34	40,912 44,383 52,808 10,521	0,789 1,11 0,96	11,25 11,33 11,41 7,0	Ожид. 28,4 Получ. 20,4 Получ. 13,2	Лош. сыворотка, выкач. не вполнѣ.
12	0,189	50,179	15,2^0 C.	519,76 734,50 39,92	41,217 51,842 12,827	0,98 0,99	15,39 15,35 10,84	Ожид. 30,3 Получ. 30,7 21,6	Лош. сыворотка, выкач. вполнѣ.
1		45,21	15,2^0 C.	622,78 724,71 876,73	37,148 41,772 48,652	0,99 0,99	9,28 9,33 9,41	20,3	Соб. сывор., выкач. не вполнѣ.

13	0,134	50,179	15,2^0 C.	506,42 684,95	37,011 46,086	1,01	11,85 12,06	Ожид. 21,5 Получ. 24,0	Соб. сыворотка, выкач. вполнѣ.
				В л і я н і е к о н ц е н т р а ц і и.					
14		45,62	15,2^0 C.	597,62 676 41 790,13	37,045 40,560 45,678	0,977 0,986	10,15 10,11 10,13	22,16	Лош. сыворотка.
		»	»	617,13 676,51 793,92	34,514 35,19 40,991	0,99	6,64 5,14	11,5	Та же сыворот. + равн. об. воды.
15		50,179	15,2^0 C.	17,21	7,730	0,99	6,87	13,7	Тел. сыворотка.
			»	22,94	6,131	1,01	4,97	9,9	Та же сыворот. + равн. об. воды.
16		41,93	15,2^0 C.	533,15 621,91 777,03	40,334 44,011 50,471	0,989 0,99	18,25 18,20 18,22	43,48	Лош. сыворот., сгущен. вымораживан. 1).

1) Съ замороженной сыворотки было слито, при медленномъ оттаиваніи на холоду, около $^1/_3$ объема. Полученная жидкость рѣзкаго желтаго цвѣта; флуоресцируетъ зелеными лучами; въ толстомъ слоѣ имѣетъ явственно красный цвѣтъ; отъ CO_2 блѣднѣетъ и становится зеленоватой.

№	*V*	*t*	*p*	*A*	*y*	*Vx*	Хим. погл. на 100 сыв.	Примѣчанія.
				Вліяніе давленія.				
17	53,05	15,2⁰ С.	345,18 372,11 417,99	33,030 34,643 36,983	1,12 0,96	14,91 15,11 15,04	Кубич. см. 28,4	Тел. сыворотка.
18	„	„	564,41 641,42 791,83	44,688 48,879 56,951	1,02 1,00	15,06 15,21 15,38	28,9	Та же сыв. чер. 24 ч.
19	45,21	15,2⁰ С.	574,82 680,55 814,70	35,863 40,884 46,809	1,05 0,977	10,00 10,26 10,15	22,47	Соб. сыворотка.
20	„	„	230,44	17,955	0,99	7,91	17,5	Та же сыв. чер. 24 ч.
12	53,05	15,2⁰ С.	576,24 680,66 818,81	42,574 48,509 55,846	1,06 0,99	12,32 12,78 12,86	24,1	Тел. сыворотка.
22	„	„	32,76	10,934	0,99	9,21	17,3	Та же сыв. чер. 24 ч.

1	45,21	15,2⁰ C.	622,78 724,71 876,73	37,148 41,772 48,652	0,99 0,99	9,28 9,33 9,41	20,3	Собствен. сыворотка.
23	„	„	24,59	6,086	0,99	4,98	11	Та же сыв. чер. 24 ч.
24	„	„	41,65	8,638	0,99	6,76	14,9	Та же сыв. чер. 72 ч.
В л і я н і е т е м п е р а т у р ы.								
25	50,179	37—37,5⁰ C. 17⁰ C.	98,32 73,01	8,542 10,012	0,56 0,95	5,8 6,5	11 13	Соб. сывор., стояла во льду 7 дней.
26	„	37—37,5⁰ C. 17⁰ C.	123,37 94,10	10,92 12,88	0,56 0,95	7,4 8,4	14 16	Соб. сывор. мутн. отъ жира.
27	„	37—37,5⁰ C. 17⁰ C.	86,06 59,47	10,134 11,738	0,56 0,95	7,7 8,9	15 17	Крайне чист. соб. сыв.
28	„	37—37,5⁰ C. 17⁰ C.	59,26 44,14	8,719 9,585	0,56 0,95	7,0 7,7	14 15,5	До нельзя чистая соб. сыворотка.
29	„	37—37,5⁰ C.	55,14	8,684	0,56	7,0	14	Та же сыворотка.
30	„	42⁰ C.	54,03	6,636				Та же сыворотка.

лочности, сыворотка послѣ *полнаго* и неполнаго выкачиванія газовъ, титровалась сѣрной кислотой и степень щелочности выражалась въ граммахъ Na_2CO_3 на 100 куб. см. жидкости. Ожидаемыя величины химическаго поглощенія высчитаны тоже на 100 куб. см. въ предположеніи, что Na_2CO_3 переходитъ въ бикарбонатъ. Всѣ вообще газовые объемы сведены на 0^0 и 1 м. давл. и выражены (равно какъ объемы сыворотки) въ куб. см. Числа въ графѣ подъ y получены изъ валового поглощенія по формулѣ *Ферне*; а величины Vx высчитаны изъ валового поглощенія посредствомъ $y = 0{,}99$ для $t = 15{,}2^0$, и посредствомъ $y = 0{,}569 \times 0{,}99$ для $t = 37^0 - 37{,}5^0$ C. Для сравнительныхъ парныхъ опытовъ съ вліяніемъ давленія обѣ порціи сыворотки выкачивались вмѣстѣ, но опыты дѣлались въ два сосѣднихъ дня; а парные опыты съ вліяніемъ температуры дѣлались на одномъ и томъ же количествѣ сыворотки: сначала при $t = 37^0 - 37{,}5^0$; потомъ аппаратъ охлаждался и опытъ дѣлался при 17^0.

3. Показанія этой таблицы будетъ всего удобнѣе расположить въ рядъ отдѣльныхъ положеній подъ знаками *a*, *b*, *c*...

a. Со стороны щелочности употреблявшаяся для опытовъ сыворотка, послѣ того, какъ она освобождалась кипяченіемъ въ пустотѣ отъ газовъ, должна считаться нормальной. Титрованіе ея въ оп. 10 и 12 дала числа очень близкія къ результатамъ зольныхъ анализовъ *Бунге* [1]). Такъ, если пересчитать въ этихъ опытахъ щелочность съ Na_2CO_3 на Na_2O, то получимъ:

на 100 к. см. . .	лош. сыв. 0,1106;	соотвѣтств. числа *Бунге*	0,1155
	тел. сыв. 0,1110;		0,1105

Если же въ оп. 12 и 13 высчитать щелочность по полученнымъ величинамъ химическаго поглощенія (Vx), то будетъ:

на 100 к. см. . .	лош. сыв. 0,1117;	соотвѣтств. числа *Бунге*	0,1155
	соб. сыв. 0,0873;		0,08814

b. Химическая реакція CO_2 съ сывороткой носитъ всѣ существенные абсорпціометрическіе характеры слабаго химическаго соединенія газа съ жидкостью: зависимость ея по величинѣ отъ напряженія поглощаемаго газа и отъ разжиженія поглощающей жидкости водою—послѣднее въ случаѣ, когда химическая реак-

---

1) Zeitschr. f. Biol. XII, 191.

ція газа съ жидкостью не достигла еще предѣла (ср. опыты 14 и 15).

c. Въ оп. 10, 12 и 13, гдѣ сыворотки были вполнѣ освобождены отъ газовъ, химическое поглощеніе CO_2, при давленіяхъ въ полъ-атмосферы и выше, стоитъ въ прямомъ отношеніи со степенью щелочности жидкостей (лош. и тел. сыворотки поглощаютъ больше чѣмъ собачья) и соотвѣтствуетъ по величинѣ случаю полнаго превращенія Na_2CO_3 въ бикарбонатъ, именно если высчитать щелочь сыворотки какъ Na_2CO_3.

d. Всѣ опыты безъ единаго исключенія показываютъ, что при напряженіи поглощаемаго газа въ полъ-атмосферы и выше величина химическаго поглощенія (*Vx*) почти не измѣняется, что указываетъ на то, что при этомъ условіи химическая реакція жидкости съ газомъ достигаетъ предѣла.

e. Явственное пониженіе величинъ химическаго поглощенія, съ пониженіемъ напряженія поглощаемаго газа, начинается около 200 мм. ртути (оп. 20) и падаетъ при давленіяхъ въ 30—70 мм. рт. среднимъ числомъ на $^1/_3$ (оп. 11—12, 21—22, 1—24) [1]).

f. Повышеніе температуры съ комнатной на температуру крови теплокровныхъ понижаетъ величину химическаго поглощенія очень незначительно. Опыты эти (25—30) дѣлались исключительно при низкихъ давленіяхъ, потому что въ тканяхъ кровь насыщается CO_2 при низкихъ напряженіяхъ этого газа (около 50 мм. ртути). При высчитываніи величинъ химическаго поглощенія было принято, что растворимость CO_2 въ сывороткѣ падаетъ съ повышеніемъ температуры, какъ растворимость ея въ

---

[1]) Въ оп. 23 величина *Vx* упала противъ *Vx* опыта 1 почти наполовину; но это произошло по слѣдующей причинѣ: съ цѣлью испытать, что произойдетъ, если въ абсорпціометръ введенъ передъ абсорпціей объемъ газа завѣдомо меньшій, чѣмъ найденная въ оп. 1 при давленіяхъ средней силы величина химическаго поглощенія тою же сывороткой (9,28—9,41 к. см. CO_2), я ввелъ въ абсорпціометръ 7,411 к. см. сух. CO_2 при 0^0 и 1 м.

Послѣ поглощенія, при давл.

24 мм., въ аппаратѣ остал. . 1,325 к. см. сух. CO_2 при 0^0 и 1 м.
или болѣе . . . . 55 к. см. газа при давленіи 24 мм.

Значитъ, и въ этомъ случаѣ валовая величина поглощенія содержала, помимо химически связанной CO_2, и часть растворенная газа.

водѣ, что крайне вѣроятно въ виду того, что при комнатной температурѣ коэффиціентъ растворенія CO_2 сывороткой очень мало отличается отъ воднаго.

Изъ этихъ фактовъ дальнѣйшему обсужденію подлежатъ лишь пункты *c* и *d*.

Изъ того, что химическое поглощеніе CO_2 стоитъ въ явной связи съ щелочностью сыворотки и соотвѣтствуетъ по величинѣ случаю полнаго превращенія Na_2CO_3 въ бикарбонатъ, естественно было бы думать, что вся щелочь въ сывороткѣ, освобожденной кипяченіемъ въ пустотѣ отъ газовъ, находится въ видѣ Na_2CO_3. Но противъ этого существуетъ два неопровержимыхъ довода.

1-й доводъ. Химически связанная сывороткою CO_2 находится въ ней въ несравненно болѣе подвижномъ состояніи, чѣмъ CO_2 въ бикарбонатѣ.

Въ моей работѣ съ поглощеніемъ CO_2 соляными растворами, въ табл. II подъ nn⁰ 15 и 16 приведены слѣдующіе два опыта:

			Давл.		
Опытъ 15	50,179 сыв. погл. при	$15,2^0$ и	28,69 мм.	— 12,95	CO_2
			540,06 „	— 13,64	„
			719,59 „	— 13,53	„
Опытъ 16	50,179 „ „ „	$15,2^0$ и	73,66 „	— 9,39	„
			466,54 „	— 9,24	„
			524,64 „	— 9,15	„
			607,67 „	— 9,33	„

Еще рѣзче сдѣланный мною вновь, слѣдующій опытъ 31.

На 100 к. см. воды взято 0,158 gr. Na_2CO_3; ожидаемая величина химическаго поглощенія на 50,179 к. см. раствора = 12,71 CO_2.

Передъ абсорпціей введено въ аппаратъ . 14,41 к. см. сух. CO_2 при 0^0 и 1 м.
Послѣ поглощ. CO_2 въ аппар. остал. . . 1,54 „ „ „ „ „ 0^0 „ 1 „
50,179 поглот. при $15,2^0$ С. и 24,10 мм. . 12,872 к. „ „ „ „ 0^0 „ 1 „

Изъ нихъ

велич. хим. поглощ. = 11,65 к. см. сух. CO_2 при 0^0 и 1 м.
величина растворен. = 1,22 „ „ „ „ „ 0^0 „ 1 „

Значитъ, для интервала давленій отъ 30 къ 700 разница между величинами химическаго поглощенія растворомъ Na_2CO_3 едва замѣтна; а въ сывороткѣ она падаетъ при такихъ условіяхъ на $^1/_3$.

2-й доводъ. Если бы вся щелочь сыворотки находилась въ ней въ видѣ Na_2CO_3, то какъ бы сильно не происходило выкачиваніе газовъ изъ этой жидкости, въ ней, по даннымъ оп. 9—13, оставались бы не выкачанными слѣдующія количества CO_2 въ видѣ Na_2CO_3:

28, 30, 28, 31 и 24 к. см.;

а между тѣмъ изъ оп. *Пфлюгера* давно уже извѣстно, что въ собачьей сывороткѣ, прокипяченной въ пустотѣ его насоса, остается никакъ не больше 10 к. см. при 0^0 и 760 мм. вытѣсняемой кислотою CO_2 (вмѣсто 24 при 0^0 и 1 м!). Не менѣе рѣзкая разница получена мною на телячьей сывороткѣ.—Послѣ выкачиванія газовъ, въ ней было найдено, вмѣсто 28 и 30 к. см., всего 9,75 к. см. (при 0^0 и 1 м.) вытѣсняемой кислотою CO_2 и около 12 к. см. въ той же сывороткѣ, предварительно насыщенной угольной кислотою и потомъ выкачанной. Нѣтъ сомнѣнія, что то же получилось бы и на лошадиной сывороткѣ, потому что при равной почти щелочности съ телячьей, она, подобно послѣдней, связываетъ CO_2 въ большой зависимости отъ давленія; слѣдовательно и въ ней съ CO_2 можетъ быть связана лишь часть щелочей.

Итакъ, совокупность изложенныхъ фактовъ приводитъ насъ къ слѣдующей дилеммѣ:

1) Нормально, вся щелочь сыворотки связана съ тѣломъ кислотнаго характера въ соединеніе, разлагающееся угольной кислотой такимъ образомъ, что при напряженіяхъ послѣдней выше 200 мм. ртути химическая реакція жидкости съ газомъ достигаетъ предѣла и угольная кислота оттягиваетъ въ свою сторону какъ разъ половину основанія, а при напряженіяхъ газа около 50 мм. ртути—не болѣе одной трети.

Воззрѣніе это объясняло бы абсорпціометрическій характеръ сыворотки всего проще—для этого достаточно было бы признать за тѣломъ, связаннымъ съ щелочью, степень кислотности равную наприм., NaH_2PO_4 [1]); но тогда слѣдовало бы ожидать, что вся химически связанная CO_2 способна выдѣляться въ пустоту; а

[1]) Въ моей работѣ съ поглощеніемъ CO_2 соляными растворами имѣется опытъ съ Na_2HPO_4, показавшій, что химическое поглощеніе CO_2 слабыми растворами этой соли начинаетъ явственно падать при давленіи въ 180 мм.

мы знаемъ, что этого нѣтъ: въ сывороткѣ, прокипяченной въ пустотѣ, остается навѣрно около $^1/_3$ щелочи въ видѣ Na_2CO_3.

2) Нормально, не вся щелочь, а лишь $^2/_3$ ея соединены съ тѣломъ кислотнаго характера, а остальная часть находится преформированно въ видѣ Na_2CO_3 и лежитъ, такъ сказать, рядомъ съ той частью.

Это воззрѣніе, объясняя очень просто невыдѣляемость изъ сыворотки всей CO_2 въ пустоту, объясняло бы абсорпціометрическій характеръ сыворотки менѣе удовлетворительно, потому что цѣлая $^1/_3$ щелочи, разъ превратившись, при протеканіи крови черезъ ткани, въ бикарбонатъ, перестала бы участвовать въ слабомъ химическомъ поглощеніи CO_2 сывороткой, что, какъ увидимъ, было бы очень невыгодно для пониманія нѣкоторыхъ сторонъ дыхательнаго обмѣна CO_2.

Какъ разрѣшить эту дилемму, покажетъ дальнѣйшее,—въ настоящую же минуту важенъ лишь непреложно доказанный фактъ существованія въ сывороткѣ тѣла кислотнаго характера и слѣдующую его особенность: соединяясь съ щелочью, оно однако не понижаетъ щелочности сыворотки, потому что предѣльная величина химическаго поглощенія стоитъ, какъ мы видѣли, въ прямомъ отношеніи какъ съ щелочностью сыворотки, такъ и съ результатами зольнаго анализа. Совмѣщеніе въ одномъ и томъ же тѣлѣ обоихъ свойствъ звучитъ, правда, парадоксомъ, но подобный примѣръ извѣстенъ въ физіологіи на гемоглобинѣ.

Таковы главные результаты приведенныхъ доселѣ опытовъ.

Понятно, что дальнѣйшее изслѣдованіе должно быть направлено къ рѣшенію вопроса, въ какомъ видѣ находится въ сывороткѣ часть щелочей, придающая состоянію CO_2 въ этой жидкости подвижный характеръ.

4. Искомымъ тѣломъ съ кислотнымъ характеромъ могутъ быть конечно, только органическія вещества сыворотки и между ними, по мысли *Сертоли*, всего скорѣе глобулины. Но рядомъ съ ними сыворотка содержитъ небольшія количества жира и лецитина; и нѣтъ ничего невозможнаго въ томъ, что въ ней, какъ щелочной жидкости, можетъ происходить, при кипяченіи ея передъ абсорпціей въ пустотѣ при 38^0—40^0 C., распаденіе лецитина (resp. образованіе глицеринофосфорнаго натра) и образованіе на счетъ

свободнаго жира мыла. Нѣтъ сомнѣнія, что эти продукты способны связывать CO_2 химически въ зависимости отъ давленія; но количества ихъ, во-первыхъ, ничтожны; во-вторыхъ, опытъ показываетъ, что эѳиръ продолжаетъ извлекать жиръ изъ прокипяченной сказаннымъ образомъ сыворотки. Тѣмъ не менѣе въ особенно важныхъ опытахъ (см. діализъ сыворотки) сыворотка освобождалась передъ опытомъ отъ жировъ.

Опыты съ параглобулиномъ. Параглобулинъ былъ полученъ изъ 300 к. см. крайне чистой телячьей сыворотки, разведенной 12 об. воды. Щелочность взятой сыворотки въ Na_2CO_3 на 100 к. см. 0,18. Стало быть на 3900 0,54, на 110 (разведенной) 0,015. Осторожнымъ сливаніемъ отстоявшейся жидкости удалось собрать осадокъ безъ потери. Объемъ его, вмѣстѣ съ примѣшанной къ нему разведенной сывороткой, равнялся 110 к. см. Прокипяченный въ пустотѣ безъ примѣси воды, онъ растворился въ опалесцирующую жидкость, щелочность которой въ Na_2CO_3 была на всѣ 100 к. см. 0,024. Стало быть, помимо щелочи изъ примѣшанной разведенной сыворотки, нѣкоторое количество ея было увлечено въ осадокъ глобулиномъ. Если принять, что отношеніе между Vx и щелочностью въ глобулинномъ растворѣ то же, что въ сывороткѣ, то на 50 к. с. перваго слѣдовало ожидать $Vx = 1{,}75$ к. см. CO_2; и изъ этого количества меньше половины приходилось бы на долю примѣшанной разведенной сыворотки.

Опытъ съ этой жидкостью далъ очень любопытный результатъ: поглощеніе произошло по закону *Дальтона,* съ коэффиціентомъ растворенія выше коэффиціента воды той же температуры, т.-е. получилось *ничтожное по величинѣ и очень слабое химическое поглощеніе*.

Вотъ числа этого опыта

№			
32	50,179 к. см. раств. при 18,3° С. и	101,95 мм.	
		496,70 „	
		642,95 „	
	поглот. . .	5,083 к. см. CO_2 (при 0° и 1 м.)	
		24,981 „ „ „ „ 0° „ 1 „	
		31,985 „ „ „ „ 0° „ 1 „	

Повѣрка на поглощеніе по закону *Дальтона* дала для 2-й и 3-й валовой величины поглощенія 24,76 и 32,05. Если считать опытъ, какъ случай растворенія газа въ индифферентной жидкости, то

коэффиціентъ растворенія будетъ 0,99, т.-е. значительно выше коэффиціента воды при $18,3^0$ С. (по моимъ опытамъ онъ равенъ 0,90). Если же высчитать числовыя данныя по формулѣ *Ферне*, то коэффиціентъ растворенія будетъ 0,95; $Vx_1 = 0,19$; $Vx_2 = 1,12$; $Vx_3 = 1,14$ к. см.; а при *Бунзеновскомъ* коэффиціентѣ $y = 0,93$: $Vx_1 = 0,32$; $Vx_2 = 1,8$; $Vx_3 = 1,98$.

Такой же въ сущности результатъ далъ другой опытъ съ параглобулиномъ, растворенным въ NH_4Cl. Вотъ этотъ опытъ.

Съ 200 к. см. разведенной водою сыворотки, токъ CO_2 далъ осадокъ параглобулина [послѣ осторожнаго слитія отстоявшейся жидкости] въ 31,8 к. см. Прибавлено къ нему 0,6 gr. NH_4Cl и воды до 75 к. см. раствора.

41,93 к. см. раств. при $15,2^0$ С. и { 627,62 мм. / 710,60 „ / 797,19 „ }

поглот. . . { 27,285 к. см. CO_2 при 0^0 и 1 м. / 30,936 „ „ „ „ 0^0 „ 1 „ / 34,548 „ „ „ „ 0^0 „ 1 „ }

Повѣрка чиселъ на законъ *Дальтона* по первой валовой величины поглощенія дала для 2-й и 3-й: 30,892 и 34,656.

Поглощеніе слѣдуетъ закону *Дальтона* съ коэффиціентомъ растворенія 1,037—1,033, бо́льшимъ чѣмъ коэффиціентъ воды при $15,2^0$ С. Если же высчитать валовыя величины коэффиціентомъ $= 0,99$, то получатся избытки поглощенія: 1,23; 1,44 и 1,46.

Опыты эти, конечно, не объясняютъ нашего вопроса о слабомъ химическомъ соединеніи CO_2 съ щелочами сыворотки; но въ нихъ несомнѣнно заключается намекъ на участіе въ немъ или глобулиновъ, или тѣлъ, выпадающихъ съ ними изъ разведенной сыворотки при пропусканіи черезъ нее тока CO_2.

Послѣдующіе опыты были сдѣланы надъ смѣсями параглобулина съ Na_2CO_3, чтобы рѣшить вопросъ, не разлагаются ли имъ въ пустотѣ углекислыя щелочи. На сей конецъ параглобулинъ добывался въ болѣе чистомъ видѣ изъ діализированной сыворотки; и опыты, въ которыхъ имѣли сравниваться между собою величины химическаго поглощенія растворомъ Na_2CO_3 и тѣмъ же растворомъ + параглобулинъ, дѣлались при такихъ слабыхъ давленіяхъ, подъ которыми Na_2CO_3 превращается вполнѣ въ бикарбонатъ, а сывороточныя щелочи насыщаются угольной кислотой не вполнѣ.

№	И М Я.	V	t	p	A	y	Vx	Особыя примѣчанія.
33	Растворъ Na_2CO_3.	50,179	15,2⁰ C.	122,14	12,956	1,01	6,76	Параглоб. изъ 100 к. см. діализ. тел. сывор.
34	Растворъ параглоб.	50,179	15,2⁰ C.	92,14	5,452	1,01	0,78	Параглоб. изъ 100 к. см. діализ. тел. сывор.
35	Раств. Na_2CO_3 + парагл.	50,179	15,2⁰ C.	75,44	11,253	1,01	7,43	Параглоб. изъ 100 к. см. діализ. тел. сывор.
36	Растворъ Na_2CO_3.	50,179	18⁰ C.	94,28	5,226	0,93	0,8	Параглоб. изъ 125 к. см. діализ. тел. сывор.
37	Параглоб. + Na_2CO_3.	50,179	18⁰ C.	83,51	4,793	0,93	0,9	Параглоб. изъ 125 к. см. діализ. тел. сывор.
38	Параглоб. + Na_2CO_3.	50,179	15,2⁰ C.	15,59	9,372	1,01	8,562	Смѣсь выкачана при 100⁰ C.
39	Растворъ Na_2CO_3.	50,179	15,2⁰ C.	531,34	37,26	1,01	10,33	Смѣсь выкачана при 100⁰ C.
39	Растворъ Na_2CO_3.	50,179	15,2⁰ C.	734,81	48,087	1,01	10,84	Смѣсь выкачана при 100⁰ C.

Въ 1-й парѣ опытовъ (34 и 35) признаковъ разложенія Na_2CO_3 параглобулиномъ во время кипяченія смѣси въ пустотѣ передъ абсорпціей не получалось, потому что 7,43 почти равно 7,54. Во 2-й парѣ опытовъ (36 и 37) результатъ вышелъ тоже отрицательный несмотря на то, что было взято очень небольшое количество Na_2CO_3 на большое количество глобулина. Наконецъ, въ послѣдней парѣ (38 и 39) условія отличались отъ предшествующихъ тѣмъ, что тамъ смѣси кипятились въ пустотѣ при 38^0—40^0 С., а здѣсь при 100^0; тамъ, при поглощеніи CO_2, изъ раствора выпадалъ глобулинъ и я думалъ, не въ этомъ ли причина его недѣятельности; а здѣсь такого выпаденія не было. По числамъ, здѣсь какъ будто произошло разложеніе Na_2CO_3; но результатъ зависѣлъ отъ того, что я по недосмотру взялъ для опыта 38 всего 9,54 к. см. CO_2; а чистый растворъ Na_2CO_3 на другой день (оп. 39) далъ $Vx > 10$ к. см. Притомъ же поглощеніе въ оп. 38 произошло при столь низкомъ давленіи, что растворъ Na_2CO_3 самъ по себѣ, безъ примѣси параглобулина, долженъ былъ дать недочетъ въ величинѣ Vx.

Въ виду этого былъ сдѣланъ новый сравнительный опытъ съ кипяченымъ и некипяченымъ растворомъ параглобулина въ Na_2CO_3. Разница получилась въ сторону кипяченаго очень незначительная.

Растворы параглоб. + Na_2CO_3.

№	V	t	p	A	y	Vx	Примѣч.
			448,14	30,863		8,15	
40	50,179	15,2⁰ С.	509,73	34,089	1,01	8,26	Кипячен.
			596,25	38,540		8,32	
			427,50	29,177		7,51	
41	50,179	15,2⁰ С.	483,86	32,040	1,01	7,52	Некипяч.
			553,97	35,702		7,63	

Итакъ, параглобулинъ не обладаетъ свойствомъ разлагать въ пустотѣ углекислыя щелочи.

5. *Діализъ сыворотки.* Не имѣя личнаго опыта въ діализированіи сыворотки, я думалъ, что мнѣ удастся вывести изъ нея всѣ щелочи. Затѣмъ въ рукахъ у меня было безвредное средство освобождать діализированную сыворотку отъ жира и части пигментовъ, насыщая ее угольной кислотой и обрабатывая затѣмъ эѳиромъ. Этимъ путемъ я надѣялся получить наиболѣе чистый растворъ сывороточныхъ глобулиновъ и испробовать затѣмъ разлагающее дѣйствіе ихъ на щелочные карбонаты въ пустотѣ, чѣмъ доказывался бы ихъ кислотный характеръ. Рядомъ съ этимъ должны были идти опыты противоположнаго характера—выведеніе изъ сыворотки глобулиновъ, безъ выведенія щелочей, посредствомъ $MgSO_4$. Предполагалось, что остающаяся жидкость будетъ связывать CO_2 независимо отъ давленія. Наконецъ, опыты съ диффузатами сыворотки должны были дать количества выводимыхъ изъ сыворотки щелочей и показать вмѣстѣ съ тѣмъ, не переходятъ ли и сюда вещества, способныя придавать поглощенію CO_2 подвижный характеръ (напр., мыла, которыя могутъ образоваться на счетъ жира и освобождающейся при діализѣ щелочи).

Къ сожалѣнію, результаты далеко не соотвѣтствовали этимъ ожиданіямъ: составъ сыворотки оказался далеко не столь простымъ, какъ онъ описывается, по крайней мѣрѣ въ отношеніи веществъ, поглощающихъ CO_2. Здѣсь я долженъ впрочемъ сдѣлать оговорку: въ этотъ періодъ работы у меня не было подъ рукой иной крови, кромѣ телячьей (лошадиную удалось получить лишь одинъ разъ); поэтому всѣ имѣющіе быть описанными результаты касаются исключительно телячьей сыворотки. Съ этой оговоркой результаты получились крайне любопытные.

Діализъ производился зимой въ нетопленой комнатѣ; работали всегда 2 діализатора съ діафрагмами около 100 кв. см., по 50 к. см. сыворотки въ каждомъ, и діализъ длился всегда 48 часовъ. Несмотря на это, мнѣ никогда не удавалось вывести изъ сыворотки всю щелочь—въ ней оставалось обыкновенно около 0,03 (какъ Na_2CO_3) щелочи на 100 сыворотки. Объемъ послѣдней увеличивался не болѣе какъ на $^1/_5$; но передъ абсорпціометрическимъ опытомъ она сильно выкачивалась при значительномъ согрѣваніи и потери воды не компенсировались; поэтому разжи-

женіе ея не принималось въ расчетъ. Диффузата, наоборотъ, при смѣнахъ воды, набиралось столько, что его приходилось сгущать. Объемы его, имѣющіе быть приведенными въ табл. III, соотвѣтствуютъ 100 к. см. сыворотки.

Сначала опишу опыты съ диффузатами.

Сыворотку для этихъ опытовъ слѣдовало бы освобождать передъ діализомъ отъ газовъ (именно CO_2), потому что всѣ предшествующія наблюденія и выводы сдѣланы на сывороткѣ, прокипяченной въ пустотѣ. Тогда (въ случаѣ, если бъ вся щелочь переходила въ диффузатъ!) въ диффузатъ должна была бы переходить изъ 100 к. см. $^1/_3$ щелочи, въ видѣ Na_2CO_3 и $^2/_3$ въ $NaHO$; но устранить поглощеніе послѣднею угольной кислоты изъ комнатнаго воздуха при діализѣ и во время операцій, предшествующихъ абсорпціометрическому опыту, было бы невозможно; поэтому предполагалось насыщать диффузатъ передъ опытомъ CO_2 и уже затѣмъ кипятить жидкость въ пустотѣ. Съ первыхъ же опытовъ однако оказалось, что всѣ эти предварительные расчеты были напрасны:

въ диффузатѣ развивается во время діализа (т.-е. въ теченіе 48 час.) *органическая кислота* (*Цунтцовская?*), *и количество ея при дальнѣйшемъ стояніи доходитъ до полной нейтрализаціи щелочей.*

Всѣ попытки устранить это вредное вліяніе оказались безуспѣшны. Продолжительное сгущеніе большаго количества диффузата дигестіей въ пустотѣ (съ 2000 к. см. на 255) и вымораживаніемъ (съ 2000 к. см. на 230) дало жидкости (оп. 42 и 44) поглощающія CO_2 по закону *Дальтона*. Укороченіе времени сгущенія выпариваніемъ диффузата на огнѣ въ платиновой чашкѣ (оп. 46) дало жидкость съ слабымъ химическимъ поглощеніемъ; а черезъ 48 час. та же жидкость поглощала уже по закону *Дальтона* (оп. 47). Въ оп. 48 было взято для діализа наименьшее количество воды, черезъ что время сгущенія укоротилось еще болѣе; и здѣсь получилось наиболѣе сильное химическое поглощеніе, но все же значительно ниже ожидаемаго. Наконецъ, въ оп. 49 вода въ діализаторѣ не мѣнялась и диффузатъ совсѣмъ не сгущался; тѣмъ не менѣе химическое поглоще-

ніе вышло попрежнему слабое. Въ оп. 43 и 50 весь диффузатъ оп. 42 и 48 выпаривался въ платиновой чашкѣ досуха и сжигался. Обуглившійся остатокъ расплавлялся при дальнѣйшемъ накаливаніи въ бѣлую массу, которая растворялась въ водѣ до объема употреблявшейся для діализа сыворотки. Жидкости въ обоихъ случаяхъ получились рѣзко щелочныя и дали значительное химическое поглощеніе (оп. 43 и 50).

Всѣ эти данныя собраны въ табл. III. Тамъ, гдѣ жидкость поглощала по закону *Дальтона*, приведены провѣрочныя числа въ графѣ подъ знакомъ $A_1 \frac{p_m}{p_1}$; тамъ, гдѣ жидкость поглощала CO_2 химически, въ графѣ подъ знакомъ y приведены коэффиціенты растворенія, выведенные на формулѣ *Ферне*; величины же химическаго поглощенія (Vx), относимыя повсюду къ объемамъ диффузатовъ (resp. къ употребленнымъ объемамъ сыворотки), высчитаны $y = 1$ для $15{,}2^0$ и $y = 0{,}896$ для $t = 18{,}38^0$ (оп. 49). (См. табл. на стр. 172 и 173).

По окончаніи опыта № 48 растворъ былъ сильно прокипяченъ и осажденъ $BaCl_2$. За вычетомъ $BaSO_4$ получилось 0,2995 gr. осадка. Если принять послѣдній за $BaCO_3$, то количество его соотвѣтствовало бы 0,161 gr. Na_2CO_3 въ 100 к. см. раствора, который долженъ былъ бы поглотить какъ разъ количество, опредѣленное абсорпціометрически, именно 25,83 к. см. CO_2 при 0^0 и 1 м. На этомъ основаніи и было сказано выше, что въ диффузатѣ развивается какая-то органическая кислота, нейтрализующая щелочь: при сожиганіи твердаго остатка диффузата въ золѣ оказывается углекислая щелочь. Рядомъ съ этимъ качественныя реакціи дали несомнѣнные признаки присутствія въ золѣ диффузата извести и фосфорной кислоты. Вопросъ же о природѣ органической кислоты, развивающейся въ диффузатѣ, остался открытымъ. Попытка выяснить его была сдѣлана мною, но не удалась.

Опыты съ діализированной сывороткой собраны въ приводимой ниже табл. IV. Въ первой половинѣ опытовъ сыворотка не подвергалась передъ діализомъ никакой обработкѣ; а во второй она освобождалась отъ жировъ и части пигментовъ. Величины химическаго поглощенія высчитаны въ таблицѣ коэффиціентомъ растворенія 0,99. Всѣ прочія обозначенія прежнія. (см. стр. 174)

Таблица III.

№	Имя и приготовленіе.	Колич. въ куб. см.	V	t	p	A	$A_1 \frac{p_m}{p_1}$	y	Vx въ куб. см.
42	Дигест. диффуз. при при 35—40^0 въ теченіе 48 часовъ.	255	50,179	15,2^0 C.	507,12 580,64 682,17	24,945 28,494 33,545	 28,56 33,55	0,980 0,978 0,980	0
43	Раств. золы диффуз.	100	„	„	453,43 506,50 600,75	34,666 37,353 42,086		1,008 0,990	23,73 23,79 23,79
44	Сгущенн. диффуз. вымораживан.	230	53,15	15,2^0 C.	632,38 724,64 831,36	33,447 38,538 44,104	 38,32 43,97	0,995 1,000 0,998	0
45	Тотъ же растворъ прокипяченный.	„	„	„	638,24 725,01 854,19	33,919 38,752 45,538	 38,53 45,39	0,999 1,000 1,000	

46	Сгущен. диффуз. на огнѣ.	150	50,179	15,2⁰ C.	514,48 598,47 682,04	28,108 32,331 36,625		1,000 1,022	6,874 6,874 7,173
47	Тотъ же диффуз. через 48 часовъ.	»	»	»	532,67 612,46 713,40	26,916 31,098 36,190	30,95 36,05	1,007 1,016 1,011	0
48	Наименьшее количество воды и наименьш. срокъ сгущенія.	100	50,179	15,2⁰ C.	352,64 440,91	22,257 26,726		1,015	9,047 9,16
49	Вода не смѣнялась и сгущенія диффуз. не было.	276	59,31	18,38⁰ C.	101,40 141,13	6,455 8,737		0,969	4,97 6,03
50	Растворъ золы диффуз. опыта 48.	100	50,179	15,2⁰ C.	312,04 383,86	28,661 32,355		1,025	25,92 26,04

Таблица IV.

№	Имя.	*V*	*t*	*p*	*A*	*y*	*Vx* на 100 сывор.	Примѣчанія.
51	Діализиров. телятч. сыворотка.	50,485	15,2⁰ C.	52,52	7,054	1,05	8,73	
				407,29	27,094		13,19	
				515,72	32,846		13,81	
52		50,179	„	477,92	28,739	1,091	9,48	
				540,17	32,147	1,053	10,04	
				621,56	36,450		10,48	
53		44,80	„	456,86	25,060	1,08	12,88	
				598,79	31,905		14,84	
54		44,80	„	120,03	12,024	1,12	14,83[1])	Изъ 210 діал. сыв. отморож. 120. Для оп. взята отморож. часть.
				433,86	28,556		20,35	
				533,75	34,576		21,80	
55	Діализ. сыв. безъ жира и пигмента.	50,179	15,2⁰ C.	77,33	7,903	1,038	8,01	Тел. сыв. безъ жира, пигм. и глобул.
				546,01	33,502		12,15	
				771,13	45,235		13,03	
56		„	„	72,90	8,052		8,75	
57		„	„	54,40	7,573		9,62	
58		„	„	64,16	7,746		9,07	
59		„	„	78,50	7,480		7,05	Сыв. безъ жира, пигм. и параглобулина.
60		„	„	89,31	7,639	1,06	6,29	Лошад. сыв. безъ жира и пигмент.
				549,32	31,746		8,33	
				745,62	42,205		9,54	

[1]) Отмороженная часть въ $^{21}/_{12}$ разъ гуще діализированной сыворотки; слѣдовательно помноживъ величины *Vx* въ оп. 54 на $^{12}/_{21}$ получимъ *Vx* на 100 діализированной сыворотки. Числа эти будутъ: 8,47; 11,62 и 12,45—такія же, какъ въ прочихъ опытахъ.

Сравненіе между собою чиселъ въ обѣихъ половинахъ таблицы показываетъ, что удаленіе изъ сыворотки передъ опытомъ жира и части пигментовъ не вліяетъ замѣтнымъ образомъ на ея поглощательную способность. Въ оп. 55 и 59 сверхъ того былъ удаленъ передъ опытомъ токомъ CO_2 параглобулинъ, и результатъ снова показалъ, что участіе параглобулина въ химическомъ поглощеніи сывороткой CO_2 ничтожно (см. выше опыты съ параглобулиномъ). Наконецъ, причина, почему во второй половинѣ таблицы большинство опытовъ сдѣлано лишь при слабыхъ давленіяхъ, заключается въ слѣдующемъ: если бы мыла участвовали въ слабомъ химическомъ поглощеніи CO_2, то удаленіе ихъ изъ сыворотки должно было бы сказаться всего рѣзче на эффектахъ химическаго поглощенія именно при слабыхъ давленіяхъ, чего, какъ мы видимъ, не получилось.

Рядомъ съ этимъ, числа таблицы прямо указываютъ, что *діализированная и не вполнѣ освобожденная отъ щелочей сыворотка поглощаетъ CO_2 химически въ зависимости отъ давленія, и даже въ большей зависимости, чѣмъ нормальная.* Послѣднее вытекаетъ изъ того, что тамъ высчитанные изъ валовыхъ величинъ поглощенія коэффиціенты растворенія для $t = 15{,}2^0$ ниже воднаго коэффиціента 1,01; а здѣсь они значительно выше (въ среднемъ 1,06). Обстоятельство это во всякомъ случаѣ указываетъ на болѣе подвижное состояніе химически поглощенной CO_2 въ діализированной сывороткѣ и можетъ быть объяснено обѣднѣніемъ ея щелочами, которыя, конечно, помогаютъ фиксированію газа въ жидкости.

Кромѣ того, легко убѣдиться при помощи очень простого расчета, что количества CO_2, связываемыя химически діализированной сывороткой при среднихъ и сильныхъ давленіяхъ, не могутъ быть сведены на поглощеніе газа оставшеюся въ жидкости щелочью. Такъ, титрованіе нормальной телячьей сыворотки дало на 100 к. см. 0,19 щелочи, какъ Na_2CO_3, и соотвѣтственно этому 100 к. см. сыворотки поглотили химически 30 к. см. CO_2 (при 0^0 и 1 м.); въ золѣ диффузата, соотвѣтственно 100 сыворотки, было найдено 0,16 Na_2CO_3 и 25 к. см. хим. погл. въ растворѣ золы, соотвѣтствующемъ 100 к. см. сыворотки. Значитъ, въ послѣдней послѣ діализа оставалось 0,03 щелочи, какъ Na_2CO_3, или 0,017, какъ Na_2O. Если бы при этомъ оставшаяся въ діали-

зированной сывороткѣ щелочь была свободна и превращалась цѣликомъ въ бикарбонатъ, то 100 к. см. діализированной сыворотки не могли бы связать химически при давленіяхъ средней силы болѣе 10 к. см. CO_2 (при 0^0 и 1 м.); въ нашихъ же опытахъ эта величина доходитъ до 14 к. см.. Притомъ же щелочь въ сывороткѣ не можетъ быть въ свободномъ состояніи уже потому, что поглощаетъ въ значительной зависимости отъ давленія. Отсюда неизбѣжно слѣдуетъ, что

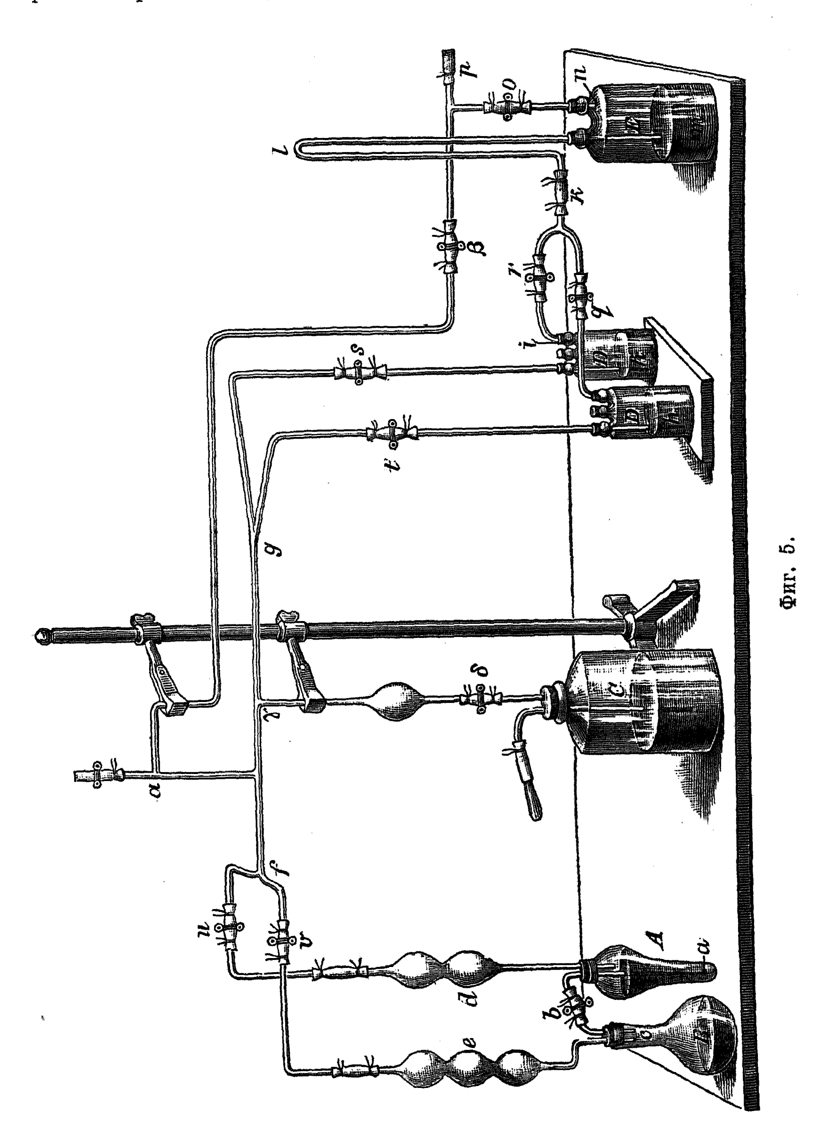
вещества діализированной сыворотки, связывающія угольную кислоту въ зависимости отъ давленія, реагируютъ съ этимъ газомъ не на подобіе солей, уступая угольной кислотѣ часть своего основанія, а болѣе сложнымъ образомъ, и именно съ участіемъ въ реакціи органическихъ веществъ, связанныхъ съ щелочью.

Примѣръ подобнаго рода мы увидимъ на веществахъ красныхъ кровяныхъ шариковъ, гдѣ рядомъ съ щелочами дѣйствуетъ гемоглобинъ, представляющій въ одно и то же время тѣло съ кислотнымъ характеромъ и вещество, связывающее CO_2 химически.

Такимъ образомъ, опыты привели насъ къ поднятому нѣкогда *Сертоли* вопросу, не обладаютъ ли глобулины сыворотки (за исключеніемъ такъ наз. параглобулина, давшаго уже отрицательные результаты) способностью разлагать щелочи. Если да, то діализированная сыворотка должна очевидно дать утвердительный отвѣтъ, потому что присутствіе въ ней органическаго тѣла съ кислотнымъ характеромъ доказано; глобулины, могущіе играть въ ней эту роль, цѣлы и наибольшая часть щелочей удалена. Рѣшающій опытъ былъ произведенъ въ аппаратѣ, дававшемъ возможность констатировать развитіе ничтожныхъ количествъ CO_2 въ кипящихъ въ пустотѣ смѣсяхъ веществъ, и именно въ смѣси крови съ растворомъ Na_2CO_3, какъ показалъ пробный опытъ.

Приборъ состоитъ (фиг. 5.) изъ двухъ пріемниковъ *A* (для раствора CNa_2O_3) и *B* (для изслѣдуемой жидкости), полости которыхъ сообщаются, во-первыхъ, другъ съ другомъ, посредствомъ сифона *a b c*, запираемаго въ *b*; во-вторыхъ, съ полостями двухъ *Вульфовыхъ* склянокъ *DD*—посредствомъ тубулатуры *d e f g h h*. Свободные концы *hh* послѣдней, открывающіеся въ *DD*, вытянуты на огнѣ въ короткія волосныя трубки и погружены въ слой баритовой воды. Дальнѣйшій ходъ изъ *Вульфовыхъ* скля-

нокъ идетъ черезъ тубулатуру *i k l m* къ эксикатору *E*, а отсюда черезъ *n o p* къ воздушному насосу. Кромѣ этого главнаго пути,



Фиг. 5.

могущаго замыкаться (зажимами) въ точкахъ *o, q, r, s, t, u, v*, существуетъ еще побочный, идущій отъ *α* черезъ *β* въ *p* къ

тому же воздушному насосу. Оба пути, изолируемые другъ отъ друга замычками въ *o* и *β*, имѣютъ разное назначеніе: главный путь служитъ для проведенія газовъ изъ пріемниковъ *A* и *B* (или каждаго изъ нихъ поочередно) черезъ баритовую воду; а побочный—для удаленія воздуха изъ задней половины снаряда, когда *Вульфовы* склянки отдѣлены отъ нея замычками *s* и *t*. Отъ главнаго пути въ *γ* отходитъ, кромѣ того, книзу вѣтвь, съ зажимомъ въ *δ*, сообщающаяся съ воздушной полостью банки *C*, наполненной растворомъ *KHO*. Этотъ придатокъ имѣетъ цѣлью наполнять аппаратъ въ любое мгновеніе (отпираніемъ зажима *δ*) свободнымъ отъ CO_2 воздухомъ. Въ заключеніе слѣдуетъ упомянуть еще о крутомъ загибѣ главнаго пути кверху передъ эксикаторомъ. Сдѣланъ онъ для того, чтобы предохранить баритовую воду отъ веществъ эксикатора, когда почему-нибудь качаніе насоса должно быть на нѣкоторое время прервано. Такой же въ сущности смыслъ имѣетъ и высокое стояніе средней части главнаго пути надъ уровнями баритовой воды; безъ этого условія послѣдняя при остановкахъ качанія легко могла бы переходить изъ *DD* въ вѣтвь *γC*. Послѣ опыта снарядъ промывается очень легко черезъ верхній отростокъ главнаго пути, открытый конецъ котораго держится, конечно, во время опыта закрытымъ.

Опыту предшествуетъ наполненіе *Вульфовыхъ* склянокъ баритовой водой. Съ этой цѣлью главный путь отмыкается отъ побочнаго въ *β* и отъ обоихъ пріемниковъ въ *u* и *v*; *Вульфовы* склянки наполняются прокипяченной горячей еще водой, затыкаются пробками и жидкость приводится на нѣсколько минутъ качаніемъ насоса въ кипѣніе. Затѣмъ передняя половина аппарата наполняется изъ *C* свободнымъ отъ угольной кислоты воздухомъ. Замкнувъ послѣ этого всѣ вводныя и выводныя трубки *Вульфовыхъ* склянокъ въ *q*, *r*, *s*, *t*, послѣднія поочередно раскрываются на одно мгновеніе, чтобы бросить въ воду нѣсколько кристалловъ барита, и тотчасъ же закупориваются. Пріемники *A* и *B*, съ наполняющими ихъ жидкостями, которыя предварительно должны быть освобождены отъ газовъ, устанавливаются теперь въ положеніе, обозначенное на рисункѣ (при замкнутомъ зажимѣ *b*), и сообщаются открываніемъ зажимовъ *u* и *v* съ побочнымъ ходомъ, отмыкаемымъ отъ главнаго въ *o*. Начинаетъ работать насосъ; жидкости въ *A* и *B* приводятся въ кипѣніе, и

черезъ нѣсколько минутъ изъ *C* впускаются въ аппаратъ, за исключеніемъ пріемника *B* (для чего зажимъ *v* запирается) нѣкоторое количество воздуха.

Съ этой минуты и начинается собственно опытъ, состоящій изъ двухъ половинъ. Сначала кипятится только изслѣдуемая жидкость и оставшіеся въ ней газы проводятся черезъ одну изъ *Вульфовыхъ* склянокъ (другая должна, конечно, оставаться запертой); а затѣмъ, открываніемъ зажима *b* нѣкоторое количество раствора Na_2CO_3 переводится изъ *A* въ *B*. Теперь кипитъ смѣсь обѣихъ жидкостей и газы ихъ проводятся черезъ другую *Вульфову* склянку. Понятно, что баритовая вода вь послѣдней склянкѣ должна замутиться сильнѣй, чѣмъ въ той, черезъ которую прошли слѣды невыкачанной изъ діализированной сыворотки CO_2. Этого, однако, не получилось.

Этотъ опытъ былъ повторенъ мною въ настоящее время (въ январѣ 1905) и опять съ отрицательнымъ результатомъ:

вещества діализированной сыворотки кислотнаго характера, не выпадающія изъ нея отъ тока CO_2, не обладаютъ способностью разлагать въ пустотѣ углекислыя щелочи. По степени кислотности они значительно слабѣе гемоглобина, чему соотвѣтствуетъ и значительно менѣе подвижное состояніе CO_2 въ сывороткѣ, сравнительно съ состояніемъ ея въ крови (resp. въ веществахъ красныхъ шариковъ).

6. Послѣдній шагъ въ изученіи вопроса—удаленіе изъ сыворотки глобулиновъ—былъ сдѣланъ по способу *Гаммарстена* (т.-е. сѣрнокислой магнезіей), давшему въ этомъ направленіи столь опредѣленные результаты [1]).

Результаты трехъ опытовъ приведены въ прилагаемой табличкѣ. Матеріаломъ для всѣхъ служила одна и та же лошадиная сыворотка. Въ оп. 61 пересаливаніе не было доведено до выпаденія глобулиновъ, чтобы узнать, измѣняется ли при этомъ характеръ и объемъ реакціи. Въ слѣдующемъ опытѣ пересолъ доведенъ до полнаго выпаденія глобулиновъ; а въ оп. 63 отфильтрованная отъ осадка жидкость была охлаждена, чтобы вывести изъ нея избытокъ $MgSO_4$. По этой причинѣ высчитанные по формулѣ *Ферне* коэффиціенты растворенія вышли во всѣхъ трехъ опытахъ

---

1) Ueb. d. Paraglob., Pfl. Arch. XVIII. H. 3—4. S. 110. Tab. II.

разные, при чемъ величины химическаго поглощенія высчитаны въ каждомъ изъ опытовъ своимъ собственнымъ коэффиціентомъ.

№	И М Я.	A	t	p	A	y	Vx на 100 к. см. сывор.
61	Сыв. + $MgSO_4$ безъ вып. глоб.	50,179	15,2° C.	94,31 622,74 895,10	11,882 26,851 31,248	0,3216	20,7 32,6
62	Та же сывор. послѣ выпад. глобул.	„	„	680,73 955,23	16,440 20,200	0,2729	14,0
63	Послѣ вып. глобул. жидк. охлажд.	„	„	96,16 677,25 946,55	7,835 17,743 21,893	0,3071	12,7 14,6

Прибавленіе $MgSO_4$ къ сывороткѣ, безъ выпаденія глобулиновъ (оп. 61), не произвело измѣненій ни въ характерѣ, ни въ величинѣ химическаго поглощенія противъ нормы [послѣднее вышло даже нѣсколько больше]; а послѣ новой прибавки соли и выпаденія глобулиновъ величина химическаго поглощенія сократилась больше чѣмъ вдвое, свидѣтельствуя, что вмѣстѣ съ глобулинами выпала значительная часть вещества, связывающаго CO_2 химически. Наконецъ, оп. 63 ясно показалъ, что въ сывороткѣ остались лишь слѣды слабаго химическаго поглощенія: съ 677 мм. *Hg* на 96 мм. *Vx* упала здѣсь менѣе, чѣмъ на 2 к. см.; а въ оп. 61 съ 622 на 95 она упала съ 33 на 20.

Итакъ, *съ глобулинами выпадаетъ изъ сыворотки вещество, связывающее CO_2 въ зависимости отъ давленія.*

Если же допустить, что не невѣроятно, что и въ лошадиной сывороткѣ, какъ въ телячьей и собачьей, лишь часть щелочи связана угольной кислотой, то выходило бы, что съ глобулинами выпадаетъ часть не связанная; та же, которая находится въ видѣ Na_2CO_3 (поглощающая въ нашемъ случаѣ 14 к. см. CO_2) остается въ растворѣ.

Какъ бы то ни было, но опытами съ $MgSO_4$ подтверждается съ обратной стороны то, что дала діализированная сыворотка.

На этомъ опытная разработка вопроса о состояніи CO_2 въ сывороткѣ крови остановилась—дальнѣйшее изолированіе искомаго вещества изъ глобулиннаго осадка, путемъ очищенія послѣдняго діализомъ отъ магнезіальной соли, было бы безполезно, потому что въ самомъ счастливомъ случаѣ получилась бы жидкость эквивалентная діализированной сывороткѣ.

Въ то время какъ эта работа была закончена [болѣе 25 л. тому назадъ], въ сывороткѣ не было извѣстно другихъ веществъ, кромѣ глобулиновъ (продукты распада лецитина въ счетъ идти не могли, по малости содержанія этого тѣла въ сывороткѣ), которымъ можно было бы приписать роль очень слабыхъ кислотъ, связанныхъ съ щелочами. Поэтому результаты опытовъ съ діализированной сывороткой и съ удаленіемъ глобулиновъ магнезіальной солью не могли быть истолкованы иначе, какъ въ этомъ смыслѣ. Логически такой выводъ былъ неизбѣженъ, но его пришлось мирить съ слѣдующими двумя фактами: доказанной неспособностью глобулиновъ діализированной сыворотки разлагать въ пустотѣ щелочные карбонаты и доказанными же излишками химическаго поглощенія CO_2 этими самыми глобулинами противъ содержащихся въ діализированной сывороткѣ остатковъ щелочи. Отсюда и явилась мысль, что глобулины (за исключеніемъ параглобулина) сами по себѣ не имѣютъ кислотнаго характера, а пріобрѣтаютъ таковой, соединяясь съ CO_2 и превращаясь такимъ образомъ въ родъ ацидальбуминовъ. Мысль эта очень просто объясняла фактъ неполнаго выдѣленія CO_2 въ пустоту изъ сыворотки и имѣла нѣкоторую опору въ аналогичномъ состояніи CO_2 въ красныхъ кровяныхъ шарикахъ, гдѣ гемоглобинъ представляетъ слабую кислоту и способенъ въ то же время связывать CO_2 химически. Въ настоящее время, однако, условія для построенія гипотезы по приведеннымъ выше даннымъ измѣнились. Съ тѣхъ поръ какъ въ физіологической химіи появился новый разрядъ нуклеиновыхъ веществъ, когда признано, что при свертываніи крови происходитъ распаденіе лейкоцитовъ, resp. выхожденіе въ кровяную жидкость ихъ ядеръ и высказывается даже мысль,

что кровяныя пластинки *Бицоцеро* суть нуклеиновыя вещества, пріурочивать къ глобулинамъ приписанную имъ выше роль уже нельзя. Вопросъ требуетъ дальнѣйшей разработки.

Въ настоящее же время приходится довольствоваться пока главнымъ абсорпціометрическимъ результатомъ изслѣдованія— твердо установленнымъ фактомъ, что сыворотка связываетъ CO_2 химически въ зависимости отъ давленія. О значеніи этого факта для физіологіи дыханія рѣчь будетъ ниже.

ПРИБАВЛЕНІЕ.

Считаю не безполезнымъ привести нѣкоторыя наблюденія и опыты, сдѣланные попутно во время этой работы, такъ какъ они имѣютъ нѣкоторое отношеніе къ разобранному вопросу и достойны дальнѣйшей разработки.

При освобожденіи сыворотки отъ газовъ передъ опытомъ абсорпціи я неоднократно замѣчалъ, что на стѣнкахъ сосудовъ, въ которыхъ кипѣла жидкость, остается родъ студенистыхъ безцвѣтныхъ осадковъ, превращавшихся отъ воды въ непрозрачные волокнистые свертки, чего при кипяченіи параглобулина никогда не замѣчалось. Это побудило меня сдѣлать опытъ съ бѣлкомъ куриныхъ яицъ; и какъ только жидкость стала кипѣть (при $38^0—40^0$ С.), въ ней начали образовываться прозрачные хлопья; отфильтровавъ ихъ черезъ кисею, я снова сталъ кипятить жидкость, и хлопья появились вновь; опять фильтрація и опять хлопья при кипѣніи. Опытъ этотъ я показывалъ на петербургскомъ съѣздѣ натуралистовъ *Ал. Шмидту*. Самъ же не занимался изученіемъ условій явленія и пользовался лишь бѣлковыми осадками, какъ матеріаломъ для пищеварительныхъ опытовъ. Въ водѣ они теряютъ прозрачность и превращаются въ рыхлыя волокнистыя хлопья несравненно болѣе удобныя для пищеварительныхъ опытовъ, чѣмъ рѣзаныя пластинки густыхъ тепловыхъ бѣлковыхъ свертковъ.

Кромѣ этихъ наблюденій, въ записной книжкѣ имѣется нѣсколько пробныхъ опытовъ съ поглощеніемъ CO_2 пептонными растворами. Въ основѣ этихъ пробъ лежали слѣдующія сообра-

женія. Если подвижной характеръ химическаго поглощенія CO_2 щелочами сыворотки лежитъ въ способности глобулиновъ связывать этотъ газъ химически, при чемъ они обращаются въ родъ ацидальбуминовъ, то естественно думать, что такою же способностью (т.-е. придавать поглощенію CO_2 щелочами подвижной характеръ) должны обладать и настоящіе ацидальбумины. Однако устроить соотвѣтственный этой мысли опытъ едва ли возможно: для этого приходится пересытить растворъ ацидальбумина щелочью, и въ результатѣ получится не солеобразное соединеніе кислаго бѣлка съ щелочью, а смѣсь нейтральной соли съ щелочнымъ альбуминатомъ. То же самое происходитъ вѣроятно и при пересыщеніи щелочью пептонныхъ растворовъ, но въ меньшей степени, потому что въ пептонѣ кислота фиксирована бѣлкомъ сильнѣе, чѣмъ въ ацидальбуминѣ. Поэтому я и выбралъ для пробъ еле-еле пересыщенные щелочью пептонные растворы. Искусственнымъ желудочнымъ сокомъ служилъ очень жидкій настой слизистой оболочки свиного желудка въ 0,2%—номъ растворѣ HCl; и первые два опыта (64 и 65) были сдѣланы съ этимъ самымъ нейтрализованнымъ сокомъ. Для полученія пептоновъ приходилось прибавлять около 10% этого сока къ имѣющему образоваться пептонному раствору; поэтому 1-й опытъ былъ сдѣланъ съ смѣсью 10 нейтр. сока + 90 воды; а въ слѣдующемъ опытѣ нейтрализованный сокъ былъ смѣшанъ съ водою объемъ на объемъ, чтобы узнать, не даетъ ли и онъ, какъ пептонный растворъ, слѣдовъ химическаго поглощенія. Затѣмъ слѣдовали опыты съ пептонами: фибриннымъ, мяснымъ, молочнымъ и пептономъ бѣлаго хлѣба. Результаты приведены въ прилагаемой таблицѣ. Vx высчитаны $y = 1$; въ графѣ подъ y приведены коэффиціенты, высчитанные по формулѣ *Ферне*. (См. таб. стр. 184).

Въ этихъ пробахъ жидкости нейтрализовались Na_2CO_3; и избытки его въ оп. 66, 67 и 68, превращаясь при всѣхъ давленіяхъ въ бикарбонатъ, должны были бы дать химическое поглощеніе, независимое отъ давленія; оно же оказалось, наоборотъ, во всѣхъ трехъ опытахъ зависящимъ отъ онаго.

Очевидно, опыты въ этомъ направленіи, при точно опредѣленныхъ условіяхъ со стороны приготовленія жидкостей, достойны разработки.

№	И М Я.	V	t	p	A	$A_m \frac{p_m}{p_1}$	y	Vx
64	10 нейтр. сока + 90 воды.	46,44	15,2⁰ C.	457,43	22,172		0,987	0,93
				566,75	27,183	27,47		0,86
65	50 нейтр. сока + 50 воды.	„	„	456,73	22,721		1,118	1,51
				559,07	28,035	27,81		2,07
66	Фибринн. пепт. еле щелочн.	46,44	15,2⁰ C.	81,84	6,588			2,79
				417,22	25,694		1,044	6,32
				505,99	30,00	31,16		6,50
67	Мясной пепт. еле щелочн.	46,44	15,2⁰ C.	35,87	9,640			7,98
				338,40	29,438		1,101	13,73
				598,14	32,495	34,63		14,00
68	Молочный пепт. еле щелочн.	46,44	15,2⁰ C.	82,77	10,513			6,67
				389,82	27,376		1,067	9,27
				466,87	31,195	32,77		9,51
69	Пепт. бѣл. хл., точно нейтрализ.	46,44	15,2⁰ C.	76,53	7,577			4,02
				416,64	23,402		1,029	4,06
				513,59	28,038	28,84		4,19

Красные кровяные шарики.

1. Въ вопросѣ объ отношеніи шариковъ къ CO_2 и роли ихъ въ дыхательномъ обмѣнѣ этого газа почти всѣ существенные пункты уже опредѣлены моими предшественниками. Въ головѣ всего стоитъ твердо установленный *Ал. Шмидтомъ* фактъ, что въ крови, выпущенной изъ тѣла, угольная кислота распредѣлена между шарикамп и плазмой, и не только растворенная, но и химически связанная [1]). Затѣмъ, въ связи съ фактомъ, что въ составъ красныхъ шариковъ входятъ щелочи и вещество ихъ имѣетъ щелочную реакцію, было найдено (*Цунтцъ*), что они поглощаютъ CO_2 въ большемъ количествѣ, чѣмъ сыворотка и въ значительной зависимости отъ давленія [2]). Наконецъ, извѣстно, что глобулинъ шариковъ обладаетъ кислотными свойствами, разлагая въ пустотѣ щелочные карбонаты. Изъ совокупности этихъ данныхъ естественно возникала мысль, что въ химическомъ поглощеніи CO_2 шариками главную роль должны играть ихъ щелочи. Всѣ эти данныя были опредѣлены сравнительными измѣреніями газа, получаемаго изъ цѣльной крови и сыворотки въ пустоту, при различныхъ условіяхъ. Такимъ образомъ, на долю абсорпціометрическихъ опытовъ въ этой области оставалась лишь болѣе детальная разработка установленныхъ фактовъ и, главнымъ образомъ, вопроса о роли щелочей и гемоглобина въ поглощеніи шариками угольной кислоты.

На этомъ основаніи главными пунктами предпринимаемаго изслѣдованія имѣли быть: сравненіе явленій поглощенія CO_2 между цѣльнымъ растворомъ шариковъ и растворомъ гемоглобина; срав-

---

1) „Ber. d. k. Sächs. Ges. d. Wissensch.". 1867; и его же „Ueb. d. Kohlensäure in d. Blutkörp", Arb. d. physiol. Anst. zu Leipz. 1868.

2) Verh. d. Kohlens. im Blut., Centralbl. f. d. med. Wiss. 1867. № 34; и его же „Beiträge z. Physiol. d. Bl.". Inauguraldissertat. Bonn. 1868.

неніе между растворами шариковъ діализированными и недіализированными и опыты смѣшенія гемоглобина съ щелочами.

Прежде, однако, чѣмъ приступать къ описанію соотвѣтствующихъ опытовъ, необходимъ цѣлый рядъ оговорокъ.

a) Отдѣленіе начисто кровяныхъ шариковъ отъ сыворотки, безъ измѣненія ихъ состава, невозможно, потому что операція отмыванія сыворотки по способу *Гоппе—Зейлера* требуетъ слишкомъ много времени.

b) Абсорпціометрическіе опыты съ неразрушенными шариками невозможны: при неизбѣжномъ для этихъ опытовъ освобожденіи изслѣдуемыхъ жидкостей отъ газовъ, кипяченіемъ ихъ въ пустотѣ, большая или меньшая часть шариковъ разрушается.

c) При этомъ въ неизвѣстномъ намъ состояніи щелочей въ шарикахъ не можетъ не происходить измѣненій, потому что освобожденный изъ шариковъ гемоглобинъ способенъ въ пустотѣ соединяться съ щелочами.

d) Для высчитыванія результатовъ опыта необходимо точное знаніе коэффиціентовъ растворенія CO_2 въ изслѣдуемыхъ растворахъ; а между тѣмъ мы будемъ имѣть дѣло съ неопредѣлимыми количественно смѣсями двухъ тѣлъ, шариковъ и сыворотки, изъ коихъ каждое можетъ имѣть разные коэффиціенты растворенія.

e) Рядомъ съ гемоглобиномъ и щелочами въ поглощеніи CO_2 участвуютъ, можетъ быть, и другія органическія составныя части шариковъ; а между тѣмъ выдѣленіе ихъ невозможно.

При невозможности полнаго устраненія всѣхъ этихъ трудностей, абсорпціометрическіе опыты съ шариками были бы безполезной тратой времени, если бы главная составная часть ихъ (количественно),—гемоглобинъ, не обладалъ въ отношеніи CO_2 громадной поглощательной способностью, передъ которой, конечно, исчезаютъ соотвѣтственная способность второстепенныхъ составныхъ частей; ниже мы увидимъ, что весь характеръ и величина поглощенія CO_2 опредѣляется несомнѣнно щелочами и гемоглобиномъ. Другимъ условіемъ, сдѣлавшимъ возможными опыты надъ кровяными шариками, было обильное полученіе мною лошадиной крови (въ Одессѣ).

Какъ, въ какой мѣрѣ были устранены или обойдены обозначенныя трудности, будетъ видно изъ описанія.

2. Прежде всего нужно было найти истинные коэффиціенты растворенія CO_2 въ различныхъ смѣсяхъ сыворотки съ кровяными шариками. На сей конецъ изъ свернувшейся собачьей крови были приготовлены: сыворотка; очень густая сукровица (изъ размятаго кровяного сгустка) и двѣ различныя смѣси сыворотки съ сукровицей. Со всѣми 4 жидкостями были сдѣланы опыты намѣренно при близкихъ другъ къ другу давленіяхъ. Позднѣе, ради опредѣленія коэффиціента растворенія лошадиной сукровицы были сдѣланы два сравнительныхъ опыта на другой ладъ: сопоставленіемъ густого раствора съ разжиженнымъ вдвое водою. Всѣ эти опыты собраны въ прилагаемой таблицѣ V. Въ графѣ подъ знакомъ y приведены коэффиціенты, высчитанные по формулѣ *Ферне*. (См. таб. стр. 188).

Въ первомъ изъ этихъ опытовъ, съ сывороткой, истинная величина коэффиціента растворенія намъ извѣстна изъ предшествующихъ и равняется 0,99 для $t = 15{,}2^0$ C.; слѣдовательно и величины химическаго поглощенія (Vx), высчитанныя въ оп. 70 этимъ коэффиціентомъ, представляютъ истинныя величины. Полученныя изъ опыта величины y въ прочихъ опытахъ оставимъ пока безъ вниманія и допустимъ на минуту, что истинные коэффиціенты и въ опытахъ 71, 72 и 73 тоже равны 0,99. Тогда валовыя величины поглощенія во всѣхъ 4 опытахъ, соотвѣтствующія равнымъ давленіямъ (711,93; 715,72; 713,43 и 711,84), очевидно отличались бы другъ отъ друга только на величины химической абсорпціи; и тогда разности между ними

въ оп. 71 и 70 $A_2 - A_2 = 9{,}07$
» » 72 » 70 $A_2 - A_2 = 14{,}43$
» » 73 » 70 $A_2 - A_2 = 25{,}78$

выражали бы собою излишки химическаго поглощенія въ смѣсяхъ сыворотки съ сукровицей надъ Vx сыворотки. Но послѣдняя величина $= 10{,}63$, слѣдовательно мы получили бы:

въ оп. 71 $Vx_2 = 10{,}63 + 9{,}07 = 19{,}70$
» » 72 $Vx_2 = 10{,}63 + 14{,}43 = 25{,}06$
» » 73 $Vx_2 = 10{,}63 + 25{,}78 = 36{,}41$.

Понятно, что если бы сдѣланное предположеніе было справедливо, то высчитываніе величины Vx въ тѣхъ же опытахъ изъ

Таблица V.

№	ИМЯ.	V	t	P	A	y	Истин. коэф.	Vx
70	Соб. сыворотка.			592,54 711,93 829,93	37,002 42,496 47,830	1,01 0,999	0,99	10,48 10,63 10,68
71	48 об. сывор. + 12 об. сукров.	45,21	15,2° C.	554,44 715,72 816,77	43,853 51,564 56,290	1,057 1,034	0,99	19,53
72	48 об. сывор. + 24 об. сукровицы.			546,47 713,43 814,48	46,582 56,922 61,838	1,037 1,076	0,99	24,99
73	Соб. сукровица.			476,45 711,84	55,248 68,272	1,224	0,99	36,41
74	400 к. см. отстоя кр. шар. съ 1000 к. см. лош. крови.	45,62	15,2° C.	442,55 509,38 610,25	58,818 62,935 68,761	1,35 1,266	0,98	41,88
75	Та же сукр.+вода об. на об.	„	„	534,40 610,39 752,34	44,030 48,021 54,848	1,173 1,054		20,73

A_2 помощію $y = 0,99$ должно было бы дать числа близкія къ приведеннымъ; и оно даетъ ихъ дѣйствительно, потому что эти числа суть:

19,53
24,99
36,41

Значитъ, *для собачьей крови коэффиціентъ* CO_2 *въ сукровицѣ равенъ соотвѣтствующей величинѣ для сыворотки.*

Для того же, чтобы изъ данныхъ дальнѣйшихъ оп. 74 и 75 вывести истинную величину коэффиціента растворенія CO_2 лошадиной сукровицей, необходимо выйти изъ слѣдующихъ общихъ соображеній:

Если водный растворъ какого-либо вещества, связывающій CO_2 химически, разжижается водою вдвое, втрое и т. д., то величина химическаго поглощенія въ разжиженныхъ растворахъ можетъ уменьшаться или пропорціонально степени разжиженія, или въ меньшемъ размѣрѣ (если разжиженіе, усиливая диссоціацію поглощающаго вещества, увеличиваетъ его химическую абсорпцію), но никакъ не наоборотъ. Рядомъ съ этимъ можетъ происходить или наростаніе величины коэффиціента растворенія, или неизмѣнность его—послѣднее въ томъ случаѣ, если коэффиціентъ разжижаемаго раствора равенъ или очень близокъ къ коэффиціенту воды; но обратнаго, т.-е. уменьшенія коэффиціента растворенія, быть не можетъ [1]). При этомъ во всѣхъ 4 возможныхъ случаяхъ (пропорціональнаго и повышеннаго химическаго поглощенія при повышенномъ или неизмѣненномъ коэффиціентѣ растворенія) разность между валовыми величинами поглощенія, соотвѣтствующими въ обѣихъ жидкостяхъ равнымъ давленіямъ, будетъ прямо зависѣть отъ разницы происшедшаго въ той и другой жидкости химическаго поглощенія, т.-е. будетъ въ разжиженномъ растворѣ или вдвое, втрое и т. д. меньше, чѣмъ въ густомъ, или меньше чѣмъ вдвое, втрое и т. д., если разжиженіе усилило химическую абсорпцію.

Изъ этихъ 4 возможностей наши жидкости представляютъ случай неизмѣнности коэффиціентовъ растворенія и пропорціональнаго степени разжиженія уменьшенія величины химическаго поглощенія. Такъ, если высчитать изъ A_3 оп. 74 и A_2 оп. 75 величины химическаго поглощенія посредствомъ коэффиціента растворенія $y = 0,98$ (болѣе вѣрнаго, чѣмъ 0,99), то получатся числа

$$41,48 \text{ и } 20,73,$$

изъ которыхъ первое вдвое больше второго, а послѣднее равно

[1]) Къ нашимъ жидкостямъ такой случай непримѣнимъ, ибо онъ предполагаетъ химическое сродство между разжижаемой жидкостью и разжижающею ее водою.

разности между валовыми величинами поглощенія, соотвѣтствующими въ обоихъ опытахъ равнымъ давленіямъ, именно

$$A_3 = 68{,}76 \text{ и } A_2 = 48{,}02.$$

3. Чтобы судить, въ какой мѣрѣ мнѣ удалось получить изъ дефибринированной лошадиной крови отстои красныхъ шариковъ свободные отъ сыворотки, привожу данныя.

Если взять за норму для лошадиной крови среднiй составъ ея, приведенный въ учебникѣ *Гаммарстена*: 397,7 вѣс. ч. шариковъ на 1000 в. ч. крови; то при удѣльномъ вѣсѣ послѣдней 1,055 и уд. в. шариковъ 1,10, свободный отъ сыворотки отстой шариковъ на 1000 к. см. крови будетъ равенъ круглымъ числомъ 380 к. см.

Кровь отстаивалась у меня во льду 36—48 час. и дала: одинъ разъ отстой въ 380 съ 1100 к. см. крови и одинъ разъ въ 380 съ 1000; въ прочихъ случаяхъ я довольствовался отстоемъ въ 400 на 1000, дабы сократить время стоянія крови передъ опытомъ. Въ случаяхъ, когда имѣлось въ виду добыть изъ лошадиной крови гемоглобинъ, весь отстой, безъ разбавленія водою, замораживался повторительно разъ 5 и оставлялся во льду. Кристаллизація гемоглобина происходила тогда сама собою и кристаллы осѣдали на дно въ видѣ каши, густой какъ застывшiй медъ. При согрѣваніи до 35^0—40^0 эта каша растворялась безъ прибавленія воды въ жидкость и послужила матеріаломъ для перваго опыта, доказавшаго химическое связываніе CO_2 гемоглобиномъ. Гемоглобинъ собачьей крови получался обработкой на холоду эѳиромъ выжимковъ изъ сгустковъ, разбавленныхъ водою, повторной кристаллизаціей и промывкой водою со спиртомъ.

Въ приводимой ниже табл. VI въ головѣ всего поставлены два опыта (76 и 77), изъ которыхъ вытекъ важный фактъ химическаго поглощенія CO_2 гемоглобиномъ, и рядомъ съ ними единственный опытъ съ наиболѣе густымъ растворомъ кровяныхъ шариковъ изъ отстоя въ 380 на 1000. Затѣмъ слѣдуютъ опыты съ сукровицей, показывающіе вліяніе на поглощеніе давленія и температуры. Потомъ приведены опыты съ гемоглобиномъ; и въ концѣ таблицы опыты съ O_2 и N. Въ графѣ подъ *y* приведены коэффиціенты растворенія, выведенные изъ валовыхъ величинъ

поглощенія по формулѣ *Ферне;* а рядомъ съ ними остальные коэффиціенты, которыми высчитаны величины химическаго поглощенія на 100 к. см. жидкости. (См. таб. стр. 192).

Первые два опыта этой таблицы доказываютъ, что *между веществами кровяныхъ шариковъ, не исключая и ихъ щелочей, гемоглобинъ связываетъ химически наибольшія количества* CO_2. Дѣло въ томъ, что матеріаломъ для перваго опыта служилъ исключительно густой, какъ застывшій медъ, отстой кристалловъ, а для второго опыта была взята стоявшая надъ кристаллами черная какъ деготь жидкость, къ которой хотя и была прибавлена часть кристаллическаго отстоя, но гдѣ щелочей, конечно, было несравненно больше, чѣмъ въ растворѣ однихъ кристалловъ. Къ тому же выводу приводитъ расчетъ возможнаго лишь теоретически наибольшаго поглощенія CO_2 щелочами шариковъ по даннымъ зольнаго анализа *Бунге* [1]). По его числамъ, 100 вѣс. ч. шариковъ, resp. отстой ихъ изъ крови, равный 90,9 к. см., содержитъ 0,492 K_2O и 0,193 Cl; слѣдовательно на 100 к. см. шариковъ избыточнаго K_2O приходится 0,26 gr. Если бы весь этотъ избытокъ былъ свободенъ и превращался при поглощеніи CO_2 въ бикарбонатъ, то 100 к. см. раствора шариковъ поглощали бы 94 к. см. CO_2 (свод. на 0^0 и 1 м. давл.); жидкость же оп. 76, гдѣ главную массу вещества составляетъ гемоглобинъ, съ примѣсью ничтожнаго количества щелочи, связала химически болѣе 110 к. см. Нѣтъ сомнѣнія, что и въ оп. 77 въ поглощеніи CO_2 играетъ роль не щелочь сама по себѣ, а соединеніе ея съ гемоглобиномъ, происходящее въ то время, когда жидкость кипятится передъ абсорпціей въ пустотѣ. Если, послѣ этого, сравнить величины химическаго поглощенія въ оп. 78 [съ отстоемъ въ 380 на 1000] съ соотвѣтствующими величинами двухъ первыхъ опытовъ, то оказывается, что оп. 78 стоитъ между обоими, уступая по величинѣ химическаго поглощенія раствору съ огромнымъ избыткомъ гемоглобина и превышая растворъ съ нѣкоторымъ недочетомъ послѣдняго. Поэтому отстой шариковъ въ 380 на 1000 крови можно считать свободнымъ отъ сыворотки. При этомъ важно замѣтить, что оп. 76 и 77 были сдѣланы въ Одессѣ, а оп. 78—года черезъ 2 въ Петербургѣ; откуда естественно заклю-

1) L. c.

Таблица VI.

№	ИМЯ.	V	t	p	A	y	Истинн. коэфф.	Vx на 100 жидк.
76	Непромыт. густая каша кристалловъ лошад. гемоглоб.	53,15	16,8⁰ C.	321,61 362,99 419,36	73,340 76,120 82,227	1,264 2,038	0,95	107,43 108,64 114,49
77	Сукровица той же крови + + меньшее количество гемоглобулина.	„	„	348,79 401,60 450,00	69,130 73,556 77,332	1,567 1,467	„	98,81 100,24 102,74
78	Лош. сукров. изъ отстоя $\frac{380}{1000}$	50,179	15,2⁰ C.	344,01 444,65	67,796 75,228	1,471	0,98	101,38 105,00
74	Лош. сукров. изъ отстоя $\frac{400}{1000}$	45,62	15,2⁰ C.	442,55 509,38 610,25	58,818 62,935 68,761	1,350 1,266	0,98	85,57 88,03 92,02

№	ИМЯ.	V	t	p	A	y	Истинн. коэфф.	Vx на 100 жидк.
	Вліяніе давленія.							
79	Телячья сукровица.	53,15	15,2⁰ С.	11,65	13,16		0,98	23,63
				471,13	55,995	1,229		59,17
				598,30	64,306	1,197		62,37
				675,60	69,225			64,02
80	Собачья сукровица.	45,21	15,2⁰ С.	41,44	20,475		„	41,20
81	„	45,21	15,2⁰ С.	476,45	55,248	1,224	„	75,60
				711,84	68,272			81,84
	Вліяніе температуры.							
82	Собачья сукровица.	50,179	37—37,5⁰ С.	49,20	17,676		0,56	32,36
			17⁰ С.	23,97	19,543		0,95	36,66
83	„	„	37—37,5⁰ С.	403,33	43,745	1,385	0,56	63,99
				454,00	47,267	1,00		68,79
				514,61	50,309			71,48

№	И М Я.	V	t	p	A	y	Истинн. коэфф.	Vx на 100 жидк.
84	Собачья сукровица.	50,179	37—37,5° C.	513,34 566,51 650,97	49,937 56,271 60,873	2,373 1,085	0,56	71,34 80,41 84,85
85	Соб. гемоглоб., промыт. вод. и спирт.	45,21	15,2° C.	101,00 106,98	14,502 15,161	2,438	0,98	22,18 23,13
86	„	„	„	549,03 644,77 773,95	42,227 46,903 53,128	1,080 1,066	„	39,61 40,12 41,67
87	Лощад. гемоглобинъ, промыт. вод. и спирт.	53,15	16,6° C.	420,82 542,29	61,513 70,137	1,336	0,95	75,33 79,90
88	Лош. сукр. изъ отстоя $\frac{380}{1100}$, + O_2	50,179	15,2° C.	491,84 748,68	14,711 15,217	0,039	0,029	27,9 28,16
89	Лошад. сукров. + *N*.	50,179	15,2° C.	702,46 841,26	5,98 7,87	0,016 0,017		Поглощ. по зак. *Дальт.*

чить, что употреблявшіяся для опытовъ жидкости соотвѣтствовали, такъ сказать, нормамъ лошадиной крови и по содержанію шариковъ и по поглощательной способности послѣднихъ.

О томъ, какъ вліяетъ на величину химическаго поглощенія CO_2 шариками примѣсь къ ихъ растворамъ сыворотки, рѣчь будетъ ниже; теперь же остановимся на оп. 77—81 и на опытахъ 85—87. Изъ сопоставленія ихъ другъ съ другомъ выходитъ, что общій характеръ поглощенія CO_2 растворами чистаго гемоглобина и растворами шариковъ (съ различными примѣсями сыворотки) одинаковы: и тамъ и здѣсь химическое поглощеніе зависитъ одинаково рѣзко отъ давленія и не достигаетъ предѣла даже при напряженіяхъ CO_2 близкихъ къ атмосферному (оп. 86). Въ виду же того обстоятельства, что въ растворахъ шариковъ какъ щелочи послѣднихъ, такъ и щелочи примѣшанной сывоворотки, соединяются съ гемоглобиномъ, приведенное сходство явленій указываетъ на то, что примѣсь щелочи къ гемоглобину не измѣняетъ существенно его поглощательной способности.

Не менѣе любопытно сравненіе явленій поглощенія CO_2 растворами шариковъ съ тѣмъ, что дала въ этомъ направленіи сыворотка. Здѣсь разницы очень рѣзки и заключаются въ слѣдующемъ:

1) при прочихъ равныхъ условіяхъ, сукровицы, растворяя CO_2 приблизительно въ тѣхъ же количествахъ, какъ сыворотка [наприм. для $t = 15{,}2^0$ C, коэффиціенты ихъ суть 0,99 и 0,98], связываютъ CO_2 химически въ несравненно бо́льшихъ количествахъ [этотъ фактъ былъ установленъ раньше меня *Цунтцомъ*];

2) химическое поглощеніе сыворотками достигаетъ предѣла при давленіяхъ выше 200 мм. рт., а для растворовъ шариковъ и гемоглобина этого предѣла нѣтъ и при давленіяхъ около атмосферы;

3) въ сывороткахъ коэффиціенты растворенія, выведенные изъ валовыхъ величинъ поглощенія по формулѣ *Ферне*, мало отличаются отъ водныхъ соотвѣтствующихъ температуръ, а въ растворахъ шариковъ они значительно превышаютъ послѣдніе, что указываетъ на значительно болѣе подвижное состояніе связанной ими химически угольной кислоты; соотвѣтственно этому

4) паденіе величинъ химическаго поглощенія съ пониженіемъ давленія идетъ въ растворахъ шариковъ быстрѣе, чѣмъ въ сывороткахъ; здѣсь эта величина падаетъ для интервалла 700—

50 мм. рт. среднимъ числомъ на $\frac{1}{3}$, а въ растворахъ шариковъ—больше чѣмъ наполовину.

Чтобы покончить съ числами приведенной таблицы, мнѣ остается упомянуть объ опытѣ съ O_2 (оп. 88) и съ N. Первый изъ нихъ былъ сдѣланъ съ наиболѣе густымъ растворомъ шариковъ (380 отстоя съ 1100 к. см. крови) изъ всѣхъ мною полученныхъ и съ мыслью, будетъ ли соотвѣтствовать величина поглощенія O_2 среднему содержанію гемоглобина въ шарикахъ по цитированной таблицѣ *Гаммарстена* и установленной *Гюфнеромъ* нормѣ этого поглощенія (1,34 к. см. O_2 при 0^0 и 760 мм. или 1,02 при 0^0 и 1 м. рт. на 1 gr. гемоглобина). По даннымъ таблицы, 1000 к. см. лош. крови содержатъ 380 к. см. шар., и въ нихъ 133 gr. гемоглобина; слѣдовательно на 100 к. см. отстоя шариковъ приходится круглымъ числомъ 35 gr. гемоглобина и такое же число куб. сантим. O_2 при поглощеніи послѣдняго. Опытъ же далъ всего 28 к. см. Этотъ недочетъ разъяснилъ другой опытъ съ менѣе густымъ, но болѣе свѣжимъ растворомъ шариковъ: густой отстаивался больше 3 сутокъ, а менѣе густой, даже нѣсколько менѣе $\frac{4}{10}$, всего одни сутки. Вотъ этотъ провѣрочный опытъ.

$$50{,}179 \text{ при } 15{,}2^0 \text{ C. и } \begin{cases} 556{,}24 \text{ мм.} \\ 833{,}02 \;\text{»} \end{cases} \text{ поглощ. . . . } \begin{cases} 13{,}827 \text{ к. с. } O_2 \\ 14{,}502 \;\text{» » »} \end{cases}$$

$$\text{при коэфф раств. } y = 0{,}029 \begin{cases} Vx_1 = 13{,}018 \\ Vx_2 = 13{,}290 \end{cases} \text{ или на 100 } \begin{cases} 25{,}95 \\ 26{,}49 \end{cases}$$

Если концентрацію приведеннаго выше раствора, со стороны гемоглобина, принять за 1, то концентрація послѣдняго будетъ менѣе $\frac{4}{5}$; слѣдовательно помноженіе послѣдней полученной величины поглощенія на $\frac{5}{4}$ не дастъ еще числа, соотвѣтствующаго поглощенію растворомъ единичной концентраціи. Помноженіе даетъ:

$$26{,}5 \times \frac{5}{4} = 33.$$

Значитъ, въ опытѣ 88 продолжительное отстаиваніе крови вѣроятно сопровождалось развитіемъ *Цунтцовской* кислоты, понизившей поглощательную способность гемоглобина.

Для оп. 89 азотъ получался изъ атмосфернаго воздуха, проведеніемъ его черезъ щелочной растворъ пирогалловой кислоты, сушилку и раскаленныя мѣдныя стружки. Поглощеніе произошло по закону *Дальтона* и, судя по полученной величинѣ коэффиціента растворенія, опытъ далъ удовлетворительный результатъ, именно поглощеніе приблизительно равное поглощенію азота водою.

4. Изъ всѣхъ только что описанныхъ явленій фактъ химическаго поглощенія CO_2 гемоглобиномъ, конечно, самый важный, потому что благодаря именно этому свойству своей главной составной части красные шарики играютъ существенную роль въ дыхательномъ обмѣнѣ CO_2. Вопросомъ, въ чемъ собственно заключается реакція гемоглобина съ CO_2, мы теперь и займемся.

Въ чемъ бы эта реакція ни состояла, естественно было думать, что CO_2 дѣйствуетъ при этомъ какъ кислота, и столь же естественно было испробовать, какъ подѣйствуетъ на гемоглобинъ болѣе сильная нелетучая кислота, взятая въ количествѣ эквивалентномъ найденному для данной жидкости количеству поглощенной CO_2.

Для опыта было взято 45,62 к. см. повторенно замороженнаго отстоя шариковъ въ 400 съ 1000 крови; слѣдовательно къ объему шариковъ была примѣшана $\frac{1}{5}$ об. сыворотки. По числамъ зольныхъ анализовъ *Бунге* взятое для опыта количество жидкости содержало $0{,}26 \times \frac{4}{5} \times 0{,}4562$ gr. K_2O и $0{,}1155 \times \frac{1}{5} \times 0{,}4562$ gr. Na_2O,—количество щелочи, требовавшее для нейтрализаціи 0,1155 gr. сѣрной кислоты, которая была взята для подкисленія. Прилито же было кислоты на 45,62 к. см. жидкости въ первый разъ 0,178gr.,—количество эквивалентное полученной величинѣ химическаго поглощенія CO_2, именно 31,5 к. см. (при 0^0 и 1 м.). Опытъ съ подкисленной жидкостью показалъ, что подкисленіе было недостаточно для уничтоженія химическаго поглощенія, и къ слѣдующему опыту прилито было кислоты въ $1^1/_2$ раза больше. Теперь поглощеніе хотя и происходило по закону *Дальтона*, но слѣды химическаго поглощенія все еще остались. Въ приводимой ниже табличкѣ этихъ опытовъ, въ графѣ подъ *y* приведены коэффиціенты растворенія, выведенные изъ валовыхъ величинъ

поглощенія по формулѣ *Ферне*. Въ слѣдующей затѣмъ графѣ, соотв. числамъ оп. 90, стоятъ величины химическаго поглощенія, высчитанныя этимъ невѣрнымъ коэффиціентомъ; числа же послѣдняго столбца суть величины химическаго поглощенія, высчитанныя истиннымъ коэффиціентомъ $y = 0,98$.

№	И М Я.	V	t	p	A	y	Vx	Ист. вел. хим. погл.
90	Лош. сукров. передъ подкислен.	45,62	15,2° C.	449,79	56,024	1,191	31,59	35,91
				520,11	59,845	1,293		36,59
				632,02	66,445		32,07	38,19
91	Та же сукров. + + 0,178 гр. SH_2O_4.	»	»	577,25	38,606	1,098		12,80
				652,06	42,354	1,079		13,20
				775,75	48,445			13,76
92	Та же сукров. + + 0,267 го. SH_2O_4.	»	»	625,45	31,721	1,029		3,11
				694,07	34,945	1,035		3,91
				808,28	40,341			4,21
93	Повтореніе оп. 92.	»	»	622,80	31,812	1,046		4,03
				691,41	35,088	1,008		4,17
				808,33	40,499			4,36

Первое недостаточное подкисленіе соотвѣтствовало бы нейтрализаціи 0,170 gr. K_2O въ 45,62 к. см. чистой сукровицы, а второе—нейтрализаціи 0,255 gr. K_2O въ 45 к. см., т.-е. болѣе чѣмъ 0,5 избыточной щелочи въ въ 100 шариковъ. Очевидно, кислота подѣйствовала на гемоглобинъ. При этомъ важно замѣтить, что подкисленная сукровица (постепеннымъ приливаніемъ кислоты, при возможно быстромъ помѣшиваніи жидкости, чтобы не образовались большіе сгустки), быстро прокипяченная въ пустотѣ, представляетъ черную какъ деготь жидкость, *безъ свертковъ, легко фильтрующуюся черезъ бумагу и на глазахъ кристаллизующуюся*

ромбическими пластинками зеленаго цвѣта. Реакція жидкости кислая и въ спектроскопѣ она даетъ полосы гемоглобина. Къ сожалѣнію, кристаллы до такой степени легко разрушимы, что промыть ихъ нѣтъ возможности; поэтому они и остались неизслѣдованными химически [1]). Тѣмъ не менѣе можно утверждать съ большимъ основаніемъ, что реакція гемоглобина съ CO_2 никакъ не заключается въ присоединеніи газа къ этому тѣлу, а должна быть связана съ расщепленіемъ его частицы, легко возстановляющейся съ удаленіемъ газа.

При этомъ случаѣ не могу не замѣтить, что порція сукровицы для этихъ опытовъ была взята изъ раствора шариковъ, послужившаго для опытовъ 74 и 75, сдѣланныхъ въ первые два дня послѣ образованія отстоя. Значитъ, опыты съ подкисленіемъ были сдѣланы на сукровицѣ, простоявшей во льду около 4 сутокъ; оттого величина химическаго поглощенія 38 въ оп. 90 вышла менѣе Vx_3 (41,8) въ оп. 74. Здѣсь, слѣдовательно, опять, какъ въ оп. съ O_2, замѣшивалось развитіе въ сукровицѣ *Цунтцовской* кислоты [2]).

5. Вопросъ, какая доля химически связанной CO_2 приходится въ шарикахъ на долю гемоглобина и щелочи, могъ бы быть разрѣшенъ только при условіи, если бы можно было освобождать шарики отъ щелочи, не разрушая ихъ. За невозможностью этого, приходится ограничиваться сравненіемъ между собою діализированной и недіализированной сукровицы съ разрушенными шариками. Помимо этого, опытамъ вредитъ еще то обстоятельство, что при діализѣ сукровицы въ нее переходитъ очень много воды, вслѣдствіе чего приходится сравнивать сильно разведенныя водою жидкости. Въ результатъ замѣшивается, наконецъ, неизбѣжно развитіе въ сукровицѣ *Цунтцовской* кислоты, потому что діализъ не можетъ длиться менѣе 2 сутокъ. Чтобы

[1]) Опытъ этотъ, къ сожалѣнію, не удостоился вниманія спеціалистовъ; а между тѣмъ все вышесказанное вѣрно отъ слова до слова, безъ малѣйшаго преувеличенія.

[2]) Если перенесеніе эффектовъ нейтрализаціи съ разжиженной сукровицы на болѣе густую счесть позволительнымъ, то на нейтрализацію 100 куб. см. сукровицы, поглощающихъ химически 105 к. см. CO_2, потребовалось бы $0{,}267 \times \frac{105}{34}$ или 0,825 gr. SH_2O_4, и изъ нихъ болѣе 0,5 gr. на реакцію съ гемоглобиномъ.

по возможности устранить вредное вліяніе этого обстоятельства на результатъ сравненія, опытъ съ недіализированной сывороткой былъ произведенъ послѣ опыта съ діализированной, съ промежуткомъ въ сутки. Думалось, что если и при этомъ получится для недіализированной сыворотки большая величина поглощенія, то результатъ будетъ доказанъ a fortiori.

№	ИМЯ.	*V*	*t*	*p*	*A*	*y*	*Vx*
94	Соб. сукров. діализ. 3 сутокъ.	45,21	15,2° С.	233,84 271,19	30,378 32,533	1,276	19,81 20,27
95	Та же сукр., не діализ., разб. вод. до объема діализиров.	»	»	227,22 258,24	32,589 34,391	1,422	22,32 22,72

Итакъ, выведеніе щелочи изъ раствора шариковъ уменьшаетъ величину химически связываемой ими CO_2, но повидимому очень незначительно.

Дальнѣйшимъ разъясненіемъ къ этому пункту служатъ приводимые ниже опыты, въ которыхъ растворъ шариковъ, свободный отъ примѣси сыворотки (приведенный выше въ табл. VI подъ № 78), смѣшивался съ небольшимъ количествомъ Na_2CO_3, гдѣ, слѣдовательно, передъ опытомъ поглощенія CO_2 примѣшаннаго карбоната вытѣснялась изъ соединенія гемоглобиномъ. (См. табл. стр. 201).

Всѣ 4 опыта сдѣланы при приблизительно одинаковыхъ давленіяхъ и химическія величины поглощенія высчитаны вездѣ однимъ и тѣмъ же коэффиціентомъ растворенія, потому что прибавки столь ничтожныхъ количествъ соли измѣнить его конечно не могутъ; на этомъ основаніи величины химическаго поглощенія прямо сравнимы между собою. Сравненіе это показываетъ, что первая наименьшая по количеству прибавка Na_2CO_3 ($0{,}016 \times \frac{5}{8} = 0{,}01$ gr. на 50 раств.) уменьшаетъ химическое поглощеніе всего сильнѣе; 2-я, вдвое бо́льшая прибавка, дѣйствуетъ тоже

№	Имя.	V	t	p	A	y	Vx
78	Лошад. сукровица.	50,179	15,2° C.	344,01	67,796	0,98	50,87
				444,65	75,228		53,36
96	80 к. см. сукров. + + 0,016 гр. Na_2CO_3.			348,70	64,617		47,47
				462,59	72,944		50,19
97	80 к. см. сукров. + + 0,033 гр. Na_2CO_3.			396,39	69,085		49,59
				536,23	78,781		52,41
98	80 к. см. сукров. + + 0,067 гр. Na_2CO_3.			329,44	71,402		54,87
				436,96	79,717		57,79

понижающимъ образомъ, но уже слабѣе 1-й; а 3-я наибольшая даетъ уже рѣзкое повышенiе величины химическаго поглощенiя. Такое извращенiе эффекта можетъ быть истолковано только одновременнымъ дѣйствiемъ щелочи на растворъ въ двухъ противоположныхъ направленiяхъ, и условiя для этого въ данномъ случаѣ существуютъ, если взглянуть на вещества сукровицы какъ на смѣсь соединенiя «гемоглобинъ + щелочь» съ значительнымъ избыткомъ свободнаго гемоглобина. При такомъ взглядѣ прибавленiе щелочи, уменьшая количество свободнаго гемоглобина, увеличиваетъ количество соединенiя «гемоглобинъ + щелочь»; первое влечетъ за собою убыль, а второе—прибыль поглощенiя (какъ увеличенiе въ растворѣ количества соли съ слабой кислотой). Притомъ же гемоглобинъ, соединяясь съ щелочью, не можетъ утрачивать способности связывать CO_2, потому что соединенiе его съ щелочью очень слабое; значитъ, реакцiя CO_2 съ соединенiемъ «гемоглобинъ + щелочь» двойная: она не только оттягиваетъ въ свою сторону часть основанiя, но и соединяется химически съ его кислотою. Оттого-то и можетъ получиться перевѣсъ прибыли надъ убылью, съ увеличенiемъ количества щелочи въ растворѣ. Возможно, впрочемъ, и даже очень вѣроятно, что наростанiе величины химическаго поглощенiя съ

увеличеніемъ количества прибавляемой щелочи продолжается лишь до тѣхъ поръ, пока въ жидкости остается значительный избытокъ свободнаго гемоглобина; потому что по изслѣдованіямъ *Прейера*[1]), 0,0238 gr. Na_2CO_3 на 1 gr. сухого чистаго гемоглобина превращаютъ его въ родъ несвертывающагося отъ жара щелочнаго альбумината.

Опыты надъ смѣсями сукровицы съ щелочью были сдѣланы собственно съ мыслью сопоставить ихъ съ опытами надъ смѣсями сукровицы съ сывороткой. При этомъ нужно, однако, имѣть въ виду, что условія въ обоихъ случаяхъ не совсѣмъ одинаковы: въ только что описанныхъ опытахъ прибавка къ сукровицѣ Na_2CO_3 соотвѣтствуетъ въ сущности прибавкѣ Na_2O, тогда какъ сывороткой вводится въ смѣсь лишь $\frac{1}{3}$ сывороточной щелочи въ видѣ Na_2CO_3, а остальныя $\frac{2}{3}$ остаются въ связи съ тѣломъ кислотнаго характера, отношеніе котораго къ гемоглобину неизвѣстно.

Опыты надъ смѣсями сукровицы съ сывороткой были приведены выше, когда отыскивался истинный коэффиціентъ раствoренія такихъ жидкостей. Числами этихъ опытовъ для равныхъ другъ другу давленій я и воспользуюсь. Прежде, однако, нужно разсчитать, сколько щелочи вводится при этихъ опытахъ въ сукровицу сывороткой. Въ оп. 70 (см. выше стр. 188) 45,21 к. см. сывор. поглотили химически при давленіи 711,93—10,63 к. см. CO_2 (при 0^0 и 1 м.); этому поглощенному объему газа соотвѣтствуетъ 0,0663 gr. Na_2CO_3; въ первой смѣси сыворотка составляетъ $\frac{4}{5}$ всего объема смѣси, а во второй $\frac{2}{3}$; поэтому въ первую смѣсь сывороткой вводится 0,053 gr. Na_2CO_3 [въ сущности лишь $\frac{1}{3}$ этого количества, а остальныя $\frac{2}{3}$ въ соединеніи съ глобулиномъ (?)], а во вторую 0,044 gr. (См. табл. стр. 203).

Если предположить, что химическое поглощеніе CO_2 сывороткой и сукровицей остается въ смѣсяхъ, какимъ было внѣ смѣси, то сумма поглощеній обоими ингредіентами дастъ числа, стоящія

---

[1]) Die Blutkrystalle, Jena, 1871, pp. 67 и 88.

И м я.	V	t	p	Vx	S_1	S_2
Сыворотка	45,21	15,2° C.	711,93	10,63		
$^4/_5$ сыв. + $^1/_5$ сукров. . .	»	»	715,72	19,53	15,78	24,28
$^2/_3$ сыв. + $^1/_3$ сукров. . .	»	»	713,43	24,99	19,22	26,30
Сукровица	»	»	711,84	36,41		

въ графѣ подъ знакомъ S_1. Если же предположить, что при неизмѣнности поглощенія сукровицей, вся сывороточная щелочь связываетъ вдвое больше CO_2, чѣмъ она связывала до смѣшенія, то получатся числа подъ знакомъ S_2. Истинныя величины поглощенія (въ графѣ подъ знакомъ Vx) стоятъ между ними. Результатъ этотъ можетъ быть согласованъ съ тѣмъ, что дали опыты 96—98. Тамъ къ 50 к. см. сукровицы прибавлялось 0,01; 0,02 и 0,04 Na_2CO_3; и въ послѣднемъ случаѣ поглощеніе увеличилось съ виду такъ, словно поглощеніе сукровицей осталось неизмѣннымъ и прибыль произошла на счетъ прибавленной щелочи.

Здѣсь же, въ 1-й смѣси къ 9 к. см. сукровицы примѣшано $\frac{0,053}{3}$ gr. Na_2CO_3; а во 2-й смѣси— $\frac{0,044}{3}$ gr. къ 12 к. см. сукровицы, т.-е. въ обоихъ случаяхъ значительно больше, чѣмъ въ предыдущихъ; а результатъ получился сходный: поглощеніе имѣетъ такой видъ, словно поглощеніе CO_2 сукровицей осталось неизмѣннымъ, а прибыль произведена щелочью сыворотки, поглощающей даже больше, чѣмъ внѣ смѣси (больше чѣмъ 1 пай CO_2 на пай Na_2O).

6. Послѣдній пунктъ, требовавшій разъясненія,—есть ли разница со стороны поглощенія CO_2 между сукровицей съ неразрушенными и растворенными шариками,—разрѣшенъ быть, къ сожалѣнію, не могъ. Сдѣланные съ этой цѣлью два опыта съ сукровицей собачьей крови, изъ которой въ одной половинѣ шарики были не разрушены, а въ другой растворены повторнымъ замораживаніемъ, не показали между ними никакой разницы; но

это могло произойти отъ того, что во время неизбѣжнаго передъ опытомъ кипяченія жидкости въ пустотѣ значительная часть шариковъ растворилась и въ той порціи сукровицы, гдѣ они должны были бы остаться цѣлыми. Эти опыты были уже приведены въ табл. VI подъ № 83 и 84; но ради удобства читателя привожу ихъ вновь.

ИМЯ.	*V*	*t*	*p*	*A*	*y*	*Vx* на 100
			513,34	49,937		71,34
Сукров. съ неразр. шар. .	50,179	37—37,5° C.	566,51	56,271	0,56	80,41
			650,97	60,873		84,85
			403,33	43,745		63,99
Та же сукр. повт. зам. .	»	»	454,00	47,267	»	68,79
			514,61	50,309		71,48

Величины поглощенія въ обоихъ опытахъ при равныхъ давленіяхъ (513,34 и 514,61) одинаковы. Возможно впрочемъ, что растворенie шариковъ не измѣняетъ ихъ поглощательной способности.

Въ пользу послѣдняго можетъ даже быть приведено, какъ доводъ, сопоставленіе числовыхъ величинъ химической абсорпціи, полученныхъ мною на сукровицѣ лошадиной крови, съ числами, полученными *Цунтцомъ* на сукровицѣ съ неразрушенными шариками, при насыщеніи ея угольной кислотой (Inaug. Dissert. p. 38. Vers. 4). У меня эти величины, вычисленныя воднымъ коэффиціентомъ, доходятъ до 100 к. см. CO_2 на 100 к. см. сукровицы, а у *Цунтца* (на менѣе густой сукровицѣ), вычисленная такимъ же образомъ величина химическаго поглощенія доходитъ до 97 к. см.

Этимъ заканчивается экспериментальная часть работы, и я перехожу къ выводамъ.

Въ то время какъ производилось это изслѣдованіе, способовъ предотвращать свертываніе крови безъ ущерба ея составу не

существовало, и опыты по необходимости производились надъ составными частями крови, претерпѣвшей свертываніе; поэтому прежде всего возникаетъ вопросъ, можно ли переносить результаты съ крови, измѣненной свертываніемъ, на кровь нормальную.

Въ настоящее время этотъ вопросъ [1]) можетъ быть рѣшенъ экспериментально. и для этого, благодаря всему изложенному выше, достаточно въ сущности лишь нѣсколькихъ опытовъ на лошадиной крови. Выведеніе изъ нея, для предотвращенія свертыванія, ничтожнаго количества извести (всего лучше щавелевокислымъ натромъ) вліять замѣтнымъ образомъ на поглощательную способность крови не можетъ; а между тѣмъ, при отстаиваніи такая кровь даетъ чистую плазму и отстой неизмѣненныхъ шариковъ. Два-три абсорпціометрическихъ опыта съ плазмой рѣшатъ сразу вопросъ, въ какой степени свойственна и ей способность связывать CO_2 въ зависимости отъ давленія; а опытъ насыщенія отстоя неразрушенныхъ шариковъ двумя-тремя смѣсями CO_2 съ водородомъ или азотомъ съ послѣдующимъ выдѣленіемъ поглощенныхъ газовъ въ пустоту кровяного насоса рѣшаетъ соотвѣтствующій вопросъ относительно шариковъ. Установленные въ моемъ изслѣдованіи коэффиціенты растворенія CO_2 въ составныхъ частяхъ крови, претерпѣвшей свертываніе, не могутъ конечно отличаться отъ коэффиціентовъ нормальной крови; слѣдовательно на лицо будутъ всѣ данныя для опредѣленія не только общаго характера поглощенія, но и величинъ химической реакціи.

Къ этому нужно однако прибавить, что изъ двухъ главныхъ результатовъ моего изслѣдованія: химическаго поглощенія CO_2 въ значительной зависимости отъ давленія, какъ шариками такъ и сывороткой, въ провѣркѣ на несвернувшуюся кровь нуждается лишь послѣдній пунктъ, потому что моими опытами несомнѣнно доказано, что поглощеніе CO_2 кровяными шариками и по величинѣ и по характеру опредѣляется отношеніемъ къ CO_2 ихъ главной составной части, гемоглобина, не измѣняющагося при свертываніи крови. Поэтому, при разборѣ подлежащихъ нашему обсужденію дальнѣйшихъ вопросовъ, я буду имѣть въ виду 2 случая: когда плазма и шарики поглощаютъ CO_2 въ зависимости

---

1) Этотъ параграфъ написанъ мною въ апрѣлѣ 1905 г.

отъ давленія, и случай, когда одни шарики обладаютъ этимъ свойствомъ, а плазма поглощаетъ CO_2, подобно слабымъ растворамъ Na_2CO_3, почти независимо отъ давленія.

Изслѣдованіе мое было предпринято съ мыслью изучить отношеніе къ CO_2 двухъ главныхъ составныхъ частей крови и дать этимъ раціональную основу ученію о дыхательномъ обмѣнѣ CO_2 въ животномъ тѣлѣ. Поэтому физіологическое значеніе добытыхъ мною результатовъ, въ случаѣ ихъ полной или частной переносимости на нормальную кровь, сводится на то, какую роль играютъ плазма и шарики, съ приписываемыми имъ свойствами, въ дыхательномъ обмѣнѣ CO_2, т.-е. въ процессѣ зачерпыванія этого газа кровью въ тканяхъ и въ процессѣ выдѣленія его въ полость легкаго.

Для обоихъ, имѣющихъ разбираться случаевъ (когда плазма и шарики связываютъ CO_2 въ зависимости отъ давленія и когда этимъ свойствомъ обладаютъ одни шарики, а плазма поглощаетъ какъ слабый растворъ $Na_2 CO_3$) я возьму типъ покойнаго дыханія, совершающагося съ механической правильностью.

Выдыханію 900 gr. CO_2 въ сутки соотвѣтствуетъ круглымъ числомъ, при 15 выдыханіяхъ въ 1′, 20 к. см. CO_2 съ каждымъ выдыханіемъ, что даетъ, при объемѣ каждаго выдыханія въ $^1/_2$ литра, $4^0/_0$ CO_2 въ выдыхаемомъ воздухѣ. Стаціонарный объемъ воздуха въ легочныхъ пузырькахъ равенъ круглымъ числомъ 2500 к. см. и содержитъ стаціонарно 125 к. см. CO_2; слѣдовательно напряженіе послѣдней въ легочныхъ пузырькахъ равно 38 мм. ртути; а напряженіе CO_2 въ тканяхъ считается около 50 мм. рт. (выведено изъ нормальнаго содержанія CO_2 въ крови).

Теперь посмотримъ, что дѣлаютъ плазма и шарики, если они связываютъ CO_2 слабо-химически, и начнемъ съ выдѣленія ея изъ крови въ полость легкаго.

Протекая по тканямъ, кровь растворяетъ CO_2 подъ давленіемъ 50 мм., и эта растворенная часть газа не можетъ не выдѣлиться изъ крови въ легкое, потому что здѣсь напряженіе CO_2 меньше, и она должна выдѣлиться въ количествѣ соотвѣтствующемъ разницѣ напряженій. Количество это легко вычислить, такъ какъ коэффиціентъ раствореція CO_2 въ крови при температурѣ крови (37^0—37, 5^0 C.) изъ моихъ опытовъ извѣстенъ и

равенъ 0,56. Тѣло взрослаго мужчины содержитъ 5 литровъ крови; все это количество протекаетъ черезъ легкое 2 раза въ 1 минуту; слѣдовательно расчетъ CO_2, зачерпнутой кровью въ 1 минуту, долженъ быть сдѣланъ для 10000 к. см. крови, растворяющихъ газъ съ коэффиціентомъ 0, 56 при давленіи 50 мм. рт. Количество это будетъ: $10000 \times 0{,}56 \times \frac{50}{1000} = 280$ к. см. CO_2 (свед. на O^0 и 1 м.). Оставшееся въ крови количество угольной кислоты, послѣ отдачи части оной въ легкое, будетъ соотвѣтствовать напряженію въ 38 мм. рт. и будетъ равно $10000 \times 0{,}56 \times \frac{38}{1000} = 212{,}8$ к. см. (свед. на O^0 и 1 м.). Слѣдовательно, изъ крови растворенной въ ней CO_2 перейдетъ въ легкое въ теченіе 1 минуты 280 — 212. Но выше мы видѣли, что при суточномъ выдыханіи въ 900 гр., на каждую минуту приходится круглымъ числомъ 300 к. см. газа, а растворенной CO_2 можетъ выдѣлиться лишь 68. Изъ какого-же источника пополняется этотъ огромный недочетъ? По моимъ опытамъ, изъ части CO_2 химически поглощенной плазмой и шариками, которые связываютъ тѣмъ меньшія количества газа, чѣмъ ниже давленіе, или, наоборотъ, отдаютъ въ окружающую среду путемъ диффузіи тѣмъ больше связаннаго газа, чѣмъ ниже напряженіе его въ этой средѣ. Слѣдующіе два опыта съ свѣже выпущенной собачьей кровью, сдѣланные въ одно и то же утро, иллюстрируютъ сказанное очень наглядно.

№	V	t	p	A	y	Vx на 100 к. см.
99	50,179	37—37,5° C.	48,58	16,456	0,56	30,07
100	»	»	30,15	11,630	»	21,50

По числамъ этого опыта 100 к. см. крови, связавшіе подъ давленіемъ около 50 мм. 30 к. см. CO_2, способны отдать 8,5 к. с. м. газа въ атмосферу CO_2 съ напряженіемъ въ 30 мм., т.-е. на разницу давленій въ 18 мм.

Въ приведенномъ же выше примѣрѣ, недочетъ выдыхаемой

отъ давленія, и случай, когда одни шарики обладаютъ этимъ свойствомъ, а плазма поглощаетъ CO_2, подобно слабымъ растворамъ Na_2CO_3, почти независимо отъ давленія.

Изслѣдованіе мое было предпринято съ мыслью изучить отношеніе къ CO_2 двухъ главныхъ составныхъ частей крови и дать этимъ раціональную основу ученію о дыхательномъ обмѣнѣ CO_2 въ животномъ тѣлѣ. Поэтому физіологическое значеніе добытыхъ мною результатовъ, въ случаѣ ихъ полной или частной переносимости на нормальную кровь, сводится на то, какую роль играютъ плазма и шарики, съ приписываемыми имъ свойствами, въ дыхательномъ обмѣнѣ CO_2, т.-е. въ процессѣ зачерпыванія этого газа кровью въ тканяхъ и въ процессѣ выдѣленія его въ полость легкаго.

Для обоихъ, имѣющихъ разбираться случаевъ (когда плазма и шарики связываютъ CO_2 въ зависимости отъ давленія и когда этимъ свойствомъ обладаютъ одни шарики, а плазма поглощаетъ какъ слабый растворъ $Na_2 CO_3$) я возьму типъ покойнаго дыханія, совершающагося съ механической правильностью.

Выдыханію 900 gr. CO_2 въ сутки соотвѣтствуетъ круглымъ числомъ, при 15 выдыханіяхъ въ 1′, 20 к. см. CO_2 съ каждымъ выдыханіемъ, что даетъ, при объемѣ каждаго выдыханія въ $^1/_2$ литра, $4^0/_0$ CO_2 въ выдыхаемомъ воздухѣ. Стаціонарный объемъ воздуха въ легочныхъ пузырькахъ равенъ круглымъ числомъ 2500 к. см. и содержитъ стаціонарно 125 к. см. CO_2; слѣдовательно напряженіе послѣдней въ легочныхъ пузырькахъ равно 38 мм. ртути; а напряженіе CO_2 въ тканяхъ считается около 50 мм. рт. (выведено изъ нормальнаго содержанія CO_2 въ крови).

Теперь посмотримъ, что дѣлаютъ плазма и шарики, если они связываютъ CO_2 слабо-химически, и начнемъ съ выдѣленія ея изъ крови въ полость легкаго.

Протекая по тканямъ, кровь растворяетъ CO_2 подъ давленіемъ 50 мм., и эта растворенная часть газа не можетъ не выдѣлиться изъ крови въ легкое, потому что здѣсь напряженіе CO_2 меньше, и она должна выдѣлиться въ количествѣ соотвѣтствующемъ разницѣ напряженій. Количество это легко вычислить, такъ какъ коэффиціентъ растворенія CO_2 въ крови при температурѣ крови (37^0—37, 5^0 С.) изъ моихъ опытовъ извѣстенъ и

равенъ 0,56. Тѣло взрослаго мужчины содержитъ 5 литровъ крови; все это количество протекаетъ черезъ легкое 2 раза въ 1 минуту; слѣдовательно расчетъ CO_2, зачерпнутой кровью въ 1 минуту, долженъ быть сдѣланъ для 10000 к. см. крови, растворяющихъ газъ съ коэффиціентомъ 0, 56 при давленіи 50 мм. рт. Количество это будетъ: $10000 \times 0{,}56 \times \frac{50}{1000} = 280$ к. см. CO_2 (свед. на O^0 и 1 м.). Оставшееся въ крови количество угольной кислоты, послѣ отдачи части оной въ легкое, будетъ соотвѣтствовать напряженію въ 38 мм. рт. и будетъ равно $10000 \times 0{,}56 \times \frac{38}{1000} = 212{,}8$ к. см. (свед. на O^0 и 1 м.). Слѣдовательно, изъ крови растворенной въ ней CO_2 перейдетъ въ легкое въ теченіе 1 минуты 280 — 212. Но выше мы видѣли, что при суточномъ выдыханіи въ 900 гр., на каждую минуту приходится круглымъ числомъ 300 к. см. газа, а растворенной CO_2 можетъ выдѣлиться лишь 68. Изъ какого-же источника пополняется этотъ огромный недочетъ? По моимъ опытамъ, изъ части CO_2 химически поглощенной плазмой и шариками, которые связываютъ тѣмъ меньшія количества газа, чѣмъ ниже давленіе, или, наоборотъ, отдаютъ въ окружающую среду путемъ диффузіи тѣмъ больше связаннаго газа, чѣмъ ниже напряженіе его въ этой средѣ. Слѣдующіе два опыта съ свѣже выпущенной собачьей кровью, сдѣланные въ одно и то же утро, иллюстрируютъ сказанное очень наглядно.

№	V	t	p	A	y	Vx на 100 к. см.
99	50,179	37—37,5⁰ C.	48,58	16,456	0,56	30,07
100	»	»	30,15	11,630	»	21,50

По числамъ этого опыта 100 к. см. крови, связавшіе подъ давленіемъ около 50 мм. 30 к. см. CO_2, способны отдать 8,5 к. с. м. газа въ атмосферу CO_2 съ напряженіемъ въ 30 мм., т.-е. на разницу давленій въ 18 мм.

Въ приведенномъ же выше примѣрѣ, недочетъ выдыхаемой

въ 1′ CO_2 (въ 232 к. см.) покрылся бы съ избыткомъ отдачей въ легкое, на разницу давленій въ 12 мм., двумя съ половиной куб. см. изъ химически поглощеннаго газа со 100 к. см. крови, или 250 съ 10000. Есть основаніе думать, что для выхожденія CO_2 изъ шариковъ, помимо разности давленій, благопріятствующимъ моментомъ служитъ процессъ поглощенія ими O_2 [1]). Если это такъ, то на пути крови отъ легкаго къ тканямъ и въ капиллярахъ существовали бы условія для перехода нѣкотораго количества CO_2 отъ плазмы къ шарикамъ, что способствовало бы выдѣленію O_2 изъ шариковъ въ ткани. Во всякомъ же случаѣ кровь притекаетъ къ тканямъ освобожденной отъ того количества CO_2, которое было отдано ею въ легкое, слѣдовательно способной опять зачерпнуть здѣсь соотвѣтственное количество газа.

Такимъ образомъ, механизмъ дыхательнаго обмѣна CO_2 между воздухомъ легкаго и тканями становится по принципу одинаковымъ съ соотвѣтственнымъ кругооборотомъ O_2 и вообще съ вещественнымъ кругооборотомъ въ тѣлѣ зрѣлаго животнаго.

Теперь случай, когда поглощаютъ слабо-химически одни шарики, а плазма реагируетъ съ CO_2, какъ слабый растворъ Na_2CO_3, т.-е. вполнѣ насыщается CO_2 въ атмосферѣ ея въ 50 мм. (какъ Na_2CO_3, превращающійся при этомъ въ бикарбонатъ) и отдаетъ даже въ атмосферу съ вдвое меньшимъ напряженіемъ едва уловимыя количества связанной химически CO_2. При этомъ условіи количество растворенная газа, переходящаго изъ обѣихъ частей крови въ полость легкаго, будетъ по прежнему 68 к. с.; но въ пополненіи недочета плазма будетъ участвовать лишь неуловимо малымъ количествомъ химически связанной CO_2 и все въ сущности пополненіе недочета упадетъ на химически связанную CO_2 шариками. Въ собачьей крови шарики по объему составляютъ не много болѣе $\frac{4}{10}$; слѣдовательно, по числамъ оп. 99 и 100, доля способной къ диффузіи CO_2 изъ 8,5 куб. см. ея на разность давленій въ 18 мм., приходящаяся на шарики, была бы не болѣе 3,5 к. с. Слѣдовательно, пополненіе убыли было бы еще возможно. Положимъ далѣе, что шарики освободились бы

[1]) Въ лабораторіи *Людвига*, а потомъ и въ лабораторіи *Пфлюгера* было замѣчено, что венная кровь отдаетъ въ атмосферу O_2 нѣсколько больше CO_2, чѣмъ въ атмосферу газовъ индифферентныхъ къ O_2.

въ легкомъ отъ зачерпнутой въ тканяхъ CO_2. Выравниваніе напряженій ея между плазмой и шариками произошло бы и теперь, но при этомъ изъ нея перешло бы въ шарики неуловимо малое количество газа, и плазма крови, притекшей къ тканямъ, оказалась бы всетаки химически насыщенный CO_2, т.-е. неспособной принимать участія въ химическомъ поглощеніи газа. Ея участіе въ процессѣ ограничивалось бы только раствореніемъ нѣкотораго количества CO_2, соотвѣтственно увеличенію ея напряженія съ 38 на 50 мм. рт. Если предположить наконецъ, что шарики зачерпнули бы въ тканяхъ количество CO_2, потерянное ими въ легкомъ, то получились бы тѣ же условія для хода явленій, какъ и въ предшествующемъ случаѣ, съ тою только разницей, что въ дыхательномъ обмѣнѣ дѣятельными факторами являлись бы шарики, а плазма играла бы роль индифферентной къ CO_2 жидкости, въ родѣ воды, способной лишь растворять CO_2. Возможно даже, что шарики справлялись бы съ обѣими своими задачами и при усиленномъ образованіи CO_2 въ тканяхъ: при способности ихъ связывать большія количества этого газа, доказанной впервые *Цунтцомъ*, они могутъ зачерпывать въ тканяхъ большія количества CO_2; а усиленная вентиляція крови, всегда сопровождающая усиленную продукцію CO_2 въ тѣлѣ, способствовала бы освобожденію шариковъ отъ зачерпнутыхъ ими избытковъ газа. Однако вѣрныхъ показаній ни за, ни противъ такой возможности не существуетъ [1]). Во всякомъ же случаѣ плазма теряла бы значеніе «внутренней дыхательной среды», служащей дѣлу освобожденія тканей отъ непрерывно развивающейся въ нихъ CO_2. За ней, какъ щелочной жидкостью, оставалось бы лишь ея побочное значеніе защитницы крови противъ развивающихся въ тѣлѣ нелетучихъ кислотъ, что хотя и можетъ сопровождаться освобожденіемъ изъ плазмы нѣкотораго количества химически

---

1) Единственнымъ аргументомъ противъ исключенія плазмы изъ дыхательной функціи крови могли бы служить переносимыя безнаказанно человѣкомъ и животными большія потери крови. Еслибы въ этихъ случаяхъ продукція CO_2 въ тканяхъ оставалась нормальной, то, по числамъ оп. 99 и 100, половинное, напримѣръ, число шариковъ не могло бы пополнить изъ химически зачерпнутой CO_2 недочетъ ея въ выдыханіи. Но въ этихъ случаяхъ, рядомъ съ пониженнымъ потребленіемъ O_2, понижается конечно и продукція угольной кислоты.

связанной CO_2, но не составляетъ дыхательнаго акта и остается за плазмой и въ случаѣ, если она связываетъ CO_2 въ зависимости отъ давленія.

Въ чаяніи, что будущія изслѣдованія въ сказанномъ выше направленіи докажутъ и для поглощенія CO_2 плазмой зависимость отъ давленія, я приведу въ заключеніе рядъ теоретическихъ доводовъ въ пользу такого чаянія.

Извѣстно, что при свертываніи крови въ ней происходитъ слѣдующій рядъ измѣненій:

a) незначительное развитіе кислоты;

b) убыль изъ плазмы части глобулиновъ, выпаденіемъ фибрина;

c) выпаденіе съ фибриномъ ничтожнаго количества извести;

d) прибыль глобулиновъ, вслѣдствіе частичнаго распада лейкоцитовъ;

e) разрушеніе (?) пластинокъ *Бицоцеро* и ядеръ распавшихся лейкоцитовъ.

Съ другой стороны:

изъ опытовъ переливанія крови на животныхъ и человѣкѣ давно извѣстно, что въ тѣлѣ можно замѣнить значительныя количества нормальной крови дефибринированною, не причиняя разстройства дыханія; значитъ, измѣненія крови при свертываніи вообще не глубоки и не падаютъ замѣтно на тѣ составныя части ея, которыя дѣйствуютъ при дыханіи. Кромѣ того:

a') по опытамъ настоящаго изслѣдованія щелочность сыворотки понижена противъ щелочности, показуемой результатами зольныхъ анализовъ *Бунге*, не болѣе какъ на $\frac{1}{10}$; и вмѣстѣ съ тѣмъ доказано, что подкисленіе какъ сыворотки такъ и сукровицъ несравненно болѣе сильное, чѣмъ подкисленіе во время свертыванія, не уничтожаетъ общаго характера поглощенія CO_2 этими жидкостями,—онѣ продолжаютъ связывать CO_2 въ зависимости отъ давленія; значитъ, пунктъ *a* не измѣняетъ условій поглощенія газа, уменьшая лишь нѣсколько количество послѣдняго;

b') убыль изъ плазмы фибрина съ известью можетъ быть истолкована, съ мыслью о кислотномъ характерѣ глобулиновъ, какъ нѣкоторая убыль вещества, способнаго связывать слабо-

химически CO_2; значитъ пункты *b* и *c* тоже не могутъ измѣнять чувствительно характера химической реакціи между сывороткой и CO_2.

d') частичный распадъ лейкоцитовъ, какъ прибыль въ сывороткѣ глобулиновъ, можетъ дѣйствовать лишь благопріятно, восполняя убыль ихъ въ видѣ фибрина;

e') распадъ лейкоцитовъ и пластинокъ, какъ переходъ въ сыворотку содержащихся въ нихъ нуклеиновыхъ веществъ, могъ бы, можетъ быть, измѣнять поглощательную способность сыворотки существенно, если бы распадъ былъ связанъ съ перемѣной ихъ состава, потому что заключенность веществъ въ столь мелкихъ элементахъ какъ лейкоциты и пластинки мѣшать реагированію ихъ съ CO_2 не можетъ.

Я былъ свидѣтелемъ опытовъ (моего покойнаго друга *Ал. Роллетта*) съ поперемѣннымъ пропусканіемъ тока CO_2 и атмосфернаго воздуха черезъ микроскопическую камеру съ разжиженной кровью и видѣлъ образованіе отъ тока CO_2 осадковъ въ лейкоцитахъ, исчезавшихъ отъ послѣдующаго тока атмосфернаго воздуха.

Аналогія между раствореніемъ газа и соли въ индифферентномъ къ обоимъ соляномъ растворѣ.

Zeitschr. f. physikal. Chemie VIII. 6. 1891.

Чтобы видѣть, насколько найденные мною законы растворенія CO_2 въ индифферентныхъ къ этому газу соляныхъ растворахъ могутъ быть распространены на другіе газы и жидкости или даже на раствореніе твердыхъ тѣлъ, я рѣшился продолжить мои опыты въ иной формѣ, именно растворяя въ соляномъ растворѣ вмѣсто газа соли. Прежде всего пришлось, конечно, познакомиться съ литературой вопроса о растворенiи въ водѣ соляныхъ смѣсей, и при этомъ, на мое счастье, нашлась прекрасная работа *Бодлендера* «Ueber die Löslichkeit von Salzgemischen im Wasser» [1]), содержавшая готовый матеріалъ для пробы въ сказанномъ направленіи. Дѣло въ томъ, что въ этомъ изслѣдованіи г. *Бодлендеръ* работалъ съ жидкостями разной концентраціи и относилъ послѣднюю, какъ я въ своихъ опытахъ съ CO_2, къ объему растворовъ.

Сопоставленіе полученныхъ имъ чиселъ, съ пересчетомъ ихъ на условія моихъ абсорпціометрическихъ опытовъ, привело меня къ выводу, что

въ извѣстныхъ границахъ мой числовой законъ, $y=ae^{-\frac{k}{x}}$, *нарастанія коэффиціентовъ поглощенія CO_2 въ соляныхъ растворахъ вѣренъ и для растворенія солей въ соляномъ растворѣ.*

Чтобы доказать это, достаточно будетъ разобрать подробно числа одной изъ таблицъ *Бодлендера*, напр., таблица III (l. c. стр. 360).

Въ опытахъ съ газомъ поглощающіе его соляные растворы

---

[1]) Zeitschr. f. physik. Chemie, 7, Heft 4.

располагаются въ рядъ непрерывно увеличивающихся объемовъ съ постояннымъ содержаніемъ въ нихъ соли. Если при этомъ извѣстны: объемы жидкостей, коэффиціенты поглощенія нѣкоторыхъ изъ нихъ и, наконецъ, коэффиціентъ воды той же температуры, то получаются всѣ данныя для провѣрки закона наростанія коэффиціентовъ съ разжиженіемъ раствора. Такъ, если объемы возрастаютъ какъ числа 1, 2, 3, 4 . . . ; a есть коэффиціентъ наиболѣе крѣпкаго раствора: α—коэффиціэнтъ чистой воды и $\frac{a}{\alpha} = m$ (при этомъ всегда $m < 1$); то коэффиціенты располагаются въ слѣдующій рядъ

$$\alpha m \quad \alpha m^{1/2} \quad \alpha m^{1/2} \quad \alpha m^{1/4} \; . \; . \; . \, ,$$

если наростаніе идетъ по уравненію $\alpha e^{\frac{-k}{x}}$.

Опытныя данныя табл. III очевидно слѣдуетъ расположить въ такой рядъ.

Съ этой цѣлью я приму въ ней $NaNO_3$ за соль растворителя, а $NaCl$ за растворяемую въ немъ соль, соотвѣтствующую CO_2 въ моихъ опытахъ. При этомъ полученныя изъ опыта количества $NaCl$, будучи раздѣлены на 100, будутъ представлять коэффиціэнты растворенія $NaCl$ въ растворѣ $NaNO_3$.

Такимъ образомъ мы получимъ для перваго члена ряда

$$a = 0{,}1967 \text{ (изъ соляной смѣси 8),}$$
$$\alpha = 0{,}3178 \text{ (изъ соляной смѣси 1)}$$
$$m = \frac{0{,}1967}{0{,}3178}.$$

Засимъ остается лишь опредѣлить значеніе независимой перемѣнной x.

Въ опытахъ съ газомъ ее представляли объемы поглощающихъ жидкостей, но она могла бы быть представлена и объемами жидкостей послѣ совершившагося поглощенія CO_2, такъ какъ при этомъ объемъ раствора измѣняется незамѣтно. Теперь же перемѣнную x должны очевидно представлять объемы, происшедшія послѣ растворенія $NaCl$ въ соляной жидкости.

Соотвѣтственно этому, при постоянномъ содержаніи 37,64 gr. $NaNO_3$ въ объемахъ растворителя,

солянымъ смѣсямъ:	8	6	5	4	3	2
будутъ соотвѣтствовать объемы растворовъ	100,00	111,36	133,57	174,42	284,29	499,27

Теперь имѣются уже всѣ данныя для установки искомаго ряда.

				наблюд.
Соляная смѣсь	8	$0,3178 \frac{0,1967}{0,3178}$	$=$	0,1967
» »	6	$0,3178 \left[\frac{0,1967}{0,3178}\right]^{\frac{1}{1,1136}}$	$= 0,2065$	0,2040
» »	5	$0,3178 \left[\frac{0,1967}{0,3178}\right]^{\frac{1}{1,3357}}$	$= 0,2219$	0,2230
» »	4	$0,3178 \left[\frac{0,1967}{0,3178}\right]^{\frac{1}{1,7442}}$	$= 0,2413$	0,2398
» »	3	$0,3178 \left[\frac{0,1967}{0,3178}\right]^{\frac{1}{2,8429}}$	$= 0,2684$	0,2631
» »	2	$0,3718 \left[\frac{0,1967}{0,3178}\right]^{\frac{1}{4,9987}}$	$= 0,2887$	0,2789

Во всѣхъ прочихъ таблицахъ числа перечислены такимъ же образомъ, поэтому достаточно будетъ сопоставить коэффиціенты изъ опытовъ г. *Бодлендера* съ вычисленными мною.

Таблица IV.

Раствореніе $NaNO_3$ въ растворахъ $NaCl$

n^0 смѣсей	8	5	4	3	2
наблюд.	0,3802	0,4266	0,4708	0,5209	0,5676
вычисл.		0,4213	0,4664	0,5182	0,5631

Таблица I.

Раствореніе KCl въ растворахъ KNO_3

n^0 смѣсей	8	5	3	2
наблюд.	0,2624	0,2598	0,2734	0,2750
вычисл.		0,2633	0,2752	0,2799

Таблица II.

Растворенie KNO_3 въ растворахъ KCl

n^0 смѣсей	8	5	4	3	2
наблюд.	0,1679	0,1896	0,2023	0,2244	0,2439
вычисл.		0,2043	0,2166	0,2370	0,2518

Если взять въ табл. I за исходный растворъ смѣсь 7, то вычисленные коэффицiенты были бы ближе къ наблюдаемымъ, и еще ближе, если бы была взята за исходный растворъ смѣсь 6. Тогда коэффицiенты представляли бы слѣдующie два ряда:

n^0 смѣсей	6	5	4	3	2
наблюд.	0,1679	0,1896	0,2023	0,2244	0,2439
вычисл.		0,1957	0,2092	0,2318	0,2484

Согласie наблюдаемыхъ чиселъ съ вычисленными повсюду очевидно.

2. Теперь, на основанiи тѣхъ же таблицъ будетъ показано, что *законъ вѣренъ лишь для соляныхъ смѣсей съ небольшимъ содержанiемъ той соли, которая выбрана какъ принадлежащая растворителю* [1]).

Въ табл .III солью растворителя служитъ $NaNO_3$. Въ смѣсяхъ 8 и 7 этой соли находится 37—38 gr. на 100 к. см., тогда какъ насыщенный растворъ той же соли содержитъ болѣе 62 gr. въ 100 к. см. раствора. Слѣдовательно вычисленный выше отрѣзокъ кривой растворенiя NaCl соотвѣтствуетъ умѣреннымъ и слабымъ концентрацiямъ растворителя. Если бы я, далѣе, принялъ въ таблицѣ IV за соль растворителя не NaCl, какъ это было сдѣлано, а $NaNO_3$, то начало кривой NaCl упало бы на значительную концентрацiю растворяющей жидкости, и получилось бы слѣдующее:

Первымъ членомъ ряда служила бы смѣсь 2; $a = 0{,}0400$; $\alpha = 0{,}6238$; $m = \dfrac{0{,}04}{0{,}6238}$; объемы отъ 2 къ 6 были бы 100; 108,96; 133,05 . . . и, наконецъ, соотвѣтствующie коэффицiенты

$$0{,}6238\left[\frac{0{,}04}{0{,}6238}\right]^{\frac{1}{1{,}0896}},\quad 0{,}6238\left[\frac{0{,}04}{0{,}6238}\right]^{\frac{1}{1{,}3305}} \ldots;$$ и по этимъ даннымъ получилось бы:

---

[1]) Вѣроятно въ этомъ заключается причина, почему въ табл. II вычисленные по смѣси 8 коэффицiенты не совсѣмъ согласны съ наблюденными.

наблюд.	0,0400	0,0724	0,1136	0,1533	0,1781
вычисл.		0,0501	0,0639	0,0791	0,0904

Впрочемъ, такое уклоненіе было легко предвидѣть заранѣе, и вотъ по какой причинѣ. Никакая соль не можетъ раствориться въ насыщенномъ растворѣ другой соли, не увеличивъ объема растворителя. Значитъ для насыщенныхъ растворовъ растворителя коэффиціентъ растворяющейся соли всегда нуль; тогда какъ для газа величина эта далеко не нуль—иногда даже большая, несмотря на то, что газъ растворяется въ насыщенномъ растворѣ почти безъ всякаго измѣненія объема растворителя.

Итакъ, на основаніи вышеизложеннаго являются строго доказанными слѣдующія два положенія:

1) *притяженія между солью и водой съ одной стороны и между угольной кислотой и водой, съ другой,—суть притяженія одинаковаго порядка;*

2) *уравненіе* $y = ae^{-\frac{k}{x}}$ *сохраняетъ силу при раствореніи любаго газа въ индифферентныхъ къ нему соляныхъ растворахъ.*

Къ вопросу о выхожденіи CO_2 изъ крови при дыханіи путемъ диффузіи.

Собирая и приводя въ порядокъ для посмертнаго изданія работы мои, разбросанныя въ разныхъ періодическихъ изданіяхъ и стоящія сохраненія, я нашелъ, что въ работѣ «Угольная кислота крови» [1]) я просмотрѣлъ возможность доказать, на основаніи собранныхъ экспериментальныхъ данныхъ, что выдыханіе CO_2 изъ крови можетъ происходить исключительно путемъ диффузіи, безъ посредства какихъ-либо побочныхъ вліяній. Этотъ пропускъ и имѣетъ быть пополненъ въ предлагаемой замѣткѣ.

Прежде всего необходимо привести соотвѣтствующія этому вопросу экспериментальныя данныя. Они выведены изъ опытовъ поглощенія CO_2 сывороткой, сукровицей (растворомъ красныхъ шариковъ безъ примѣси сыворотки) и гемоглобиномъ трехъ сортовъ крови (собачьей, телячьей и лошадиной) и касаются способности всѣхъ трехъ составныхъ частей крови растворять CO_2 и связывать ее химически. Доказаны эти факты очень большимъ числомъ согласныхъ опытовъ; но въ настоящемъ извлеченіи изъ большой работы достаточно будетъ привести нѣсколько наиболѣе наглядныхъ примѣровъ. Въ прилагаемой таблицѣ собраны всѣ необходимыя для нашей цѣли числовыя данныя. Объемы поглощающей жидкости (V) и всѣ газовые объемы даны въ куб. см. и послѣдніе сведены на 0^0 и 1 м. давленія. Знакъ p есть давленіе, подъ которымъ произошло поглощеніе; t—температура опыта; A—валовая величина поглощенія; y—коэффиціентъ растворенія; Vx—выведенная имъ величина химическаго поглощенія, соотвѣтствующая различнымъ величинамъ давленія. Опыты разнаго значенія отдѣлены въ таблицѣ чертами.

---

[1]) Die Kohlensäure des Blutes, Mém. de l'ac d. sc. de St.-Pétersbourg. VII Série. T. XXVI, № 13.

№	И м я.	V	t	p_{mm}	A	y	V_x
1	Лошад. сыворотка нормальн.	45,62	15,2⁰ C.	676,41 790,13	40,560 45,678	0,99	10,02 10,00
2	Та же сыв. развед. водой об. на об.	„	„	676,51 793,92	35,637 40,991	„	5,09 5,14
3	Телячья сыворот.	50,179	15,2⁰ C.	507,16 682,70	40,848 49,604	0,99	15,66 15,69
4	Лошад. сыворот.	„	„	39,92 519,76 734,50	12,827 41,217 51,842	„	10,85 15,40 15,36
5	Соб. сыворотка.	45,21	„	230,44 574,82 680,55	17,955 35,863 40,884	„	7,91 10,00 10,26
6	Лошад. сукров.	45,62	15,2⁰ C.	442,55 509,38 610,21	58,818 62,935 68,761	0,98	39,04 40,16 41,48
7	Та же сукр., разв. водой об. на об.	„	„	534,40 610,39 752,34	44,030 48,021 54,848	„	20,14 20,73 21,22
8	Своб. отъ сывор. лош. сукровица.	50,179	15,2⁰ C.	344,01 444,65	67,796 75,228	0,98	50,67 53,09

№	ИМЯ.	V	t	pmm	A	y	Vx
9	Соб. сукровица.	45,21	15,2° С.	41,44 476,45 711,84	20,475 55,248 68,272	0,98	18,64 34,14 36,73
10	Густой, какъ заст. медъ, отстой крист. гемоглобина.	53,15	16,8° С.	321,61 362,99 419,36	73,340 76,120 82,227	0,95	57,10 57,79 61,06
11	Вода.	50,179	37—37,5° С.	369,85 474,95	10,57 13,51	0,569 0,569	

Сыворотка, содержа щелочь и связывая CO_2 химически, вмѣстѣ съ тѣмъ растворяетъ ее; и наиболѣе простой способъ опредѣленія коэффиціента растворенія заключается въ сравненіи между собою валовыхъ величинъ поглощенія CO_2 сывороткой нормальной и разведенной вдвое водою. Въ послѣдней количество щелочи уменьшилось вдвое и она связываетъ вдвое меньше газа. Если, кромѣ того, коэффиціентъ растворенія въ нормальной сывороткѣ мало отличается отъ коэффиціента воды соотвѣтствующей температуры, то разница между валовыми величинами поглощенія нормальной и разведенной сыворотки, соотвѣтствующими равнымъ давленіямъ, будетъ тогда представлять величину химическаго поглощенія разведенной сыворотки. За вычетомъ этой величины изъ валоваго поглощенія остается число, выражающее все количество растворенняго газа; откуда уже легко высчитывается искомый коэффиціентъ. Въ первыхъ двухъ опытахъ находятся всѣ данныя для такого расчета. Въ оп. 1 нормальная сыворотка поглотила при давленіи 676,41 мм. 40,56 к. см. CO_2, а разведенная (оп. 2) при 676,51 мм.—35,64. Разность между ними выражаетъ величину химическаго поглощенія разведенной сывороткой; а за вычетомъ оной изъ 35,64, валовой величины поглощенія, получается 35,64 — 4,92 = 30,72,—число,

представляющее величину растворенія CO_2 данною поглощающею жидкостью (45,62 к. см.) при 676,51 мм. давленія. Отсюда искомый коэффиціентъ растворенія, т.-е. величина поглощенія на 1-цу жидкости при давленіи въ 1000 мм., будетъ $\frac{30,72 \times 1000}{45,62 \times 676,51} = 0,995$. Такимъ же образомъ выведенъ въ оп. 6 и 7 изъ валовыхъ величинъ, соотвѣтствующихъ равнымъ давленіямъ (610,21 и 610,39), коэффиціентъ растворенія CO_2 въ сукровицѣ (0,98); и онъ оказался какъ здѣсь, такъ и въ сывороткѣ очень близкимъ къ коэффиціенту растворенія въ водѣ, потому что послѣдній при $15,2^0$ C. тоже близокъ къ единицѣ. При посредствѣ этихъ коэффиціентовъ и высчитаны въ таблицѣ изъ валовыхъ величинъ поглощенія (подъ знакомъ *A*) величины химическаго поглощенія (подъ знакомъ *Vx*), соотвѣтствующія ряду давленій. (Объ оп. 11 съ водою рѣчь будетъ ниже.)

Оп. 1—5 показываютъ ходъ химическаго поглощенія CO_2 сывороткой въ зависимости отъ давленія. Въ первыхъ 3 поглощеніе происходитъ при напряженіяхъ поглощаемаго газа выше полуатмосферы, и здѣсь величины химическаго поглощенія остаются съ повышеніемъ давленія почти неизмѣнны; а въ оп. 4 и 5 рядомъ съ такими давленіями стоятъ сравнительно низкія (въ 230 и 40 мм.). и послѣднимъ соотвѣтствуетъ значительное паденіе величинъ химическаго поглощенія—въ оп. 5 приблизительно на $^1/_4$, а въ оп. 4, гдѣ давленіе значительно ниже, уже на $^1/_3$. Это значитъ, что при пониженіи давленія съ 1 атмосферы до $^1/_3$ атм. химическое поглощеніе не измѣняется чувствительнымъ образомъ, а начиная отсюда оно начинаетъ падать, и падаетъ тѣмъ быстрѣе, чѣмъ ниже давленіе, такъ какъ при напряженіи O и химическое поглощеніе равно нулю.

Опыты 8, 9 и 10 даютъ то же самое для сукровицы (т.-е. красныхъ шариковъ) и гемоглобина. Здѣсь зависимость химическаго поглощенія отъ давленія еще рѣзче чѣмъ на сывороткѣ: въ опытѣ 9 паденію давленія съ 700 на 40 соотвѣтствуетъ пониженіе величины химическаго поглощенія на $^1/_2$, а въ оп. 4 на $^1/_3$. Да и при давленіяхъ средней величины химическое поглощеніе сукровицей и гемоглобиномъ не остается неизмѣннымъ— увеличивается повсюду съ увеличеніемъ давленія.

Для нашихъ цѣлей важно замѣтить еще слѣдующее. Гемогло-

бинъ, какъ извѣстно, представляетъ по вѣсу главную составную часть красныхъ шариковъ; по моимъ же опытамъ онъ самъ по себѣ, независимо отъ щелочей, поглощаетъ CO_2 химически; и поглощенiе это, какъ по величинѣ, такъ и по характеру (т.-е. со стороны зависимости отъ давленiя), повторяетъ то, что даетъ сукровица, т.-е. растворъ цѣльныхъ шариковъ. Другими словами, химическое поглощенiе CO_2 шариками опредѣляется ихъ главною составною частью—гемоглобиномъ.

Въ концѣ таблицы приведенъ опытъ съ водою при температурѣ 37^0—$37{,}5^0$ С., т.-е. при температурѣ крови теплокровнаго животнаго, и приведенъ соотвѣтствующiй этой температурѣ коэффицiентъ растворенiя, 0,569. Выше мы видѣли, что обѣ составныя части дефибринированной крови растворяютъ CO_2 почти какъ вода, нѣсколько слабѣе: на этомъ основанiи коэффицiентъ растворенiя CO_2 въ дефибринированной крови тоже долженъ быть почти равенъ водному. Его мы и примемъ далѣе равнымъ 0,56, и не только для дефибринированной, но и для нормальной крови, потому что разница между ними по составу не такова, чтобы влiять на растворимость газовъ.

Въ заключенiе оговорка. При дыханiи работаетъ не дефибринированная кровь, а нормальная; описанные же выше опыты сдѣланы на крови не нормальной, претерпѣвшей свертыванiе. Слѣдовательно возникаетъ еще вопросъ, можно ли переносить добытые результаты на нормальную кровь.

Противъ сыворотки такое возраженiе основательно и остается пока не провѣреннымъ; поэтому, разбирая далѣе физiологическiй вопросъ, я буду разбирать два случая: когда результаты съ сыворотки на плазму переносимы, т.-е. когда плазма, какъ сыворотка, связываетъ CO_2 химически въ зависимости отъ давленiя; и случай непереносимый—когда плазма поглощаетъ CO_2 химически независимо отъ давленiя или, точнѣе, въ столь же слабой зависимости, какъ слабые растворы Na_2CO_3. Въ отношенiи же переносимости результатовъ съ шариковъ крови, претерпѣвшей свертыванiе, на шарики нормальной крови сомнѣнiй быть не можетъ по слѣдующей причинѣ: химическое поглощенiе CO_2 шариками дефибринированной крови опредѣляется и по величинѣ, и по характеру главной составною частью ихъ—гемоглобиномъ, а гемоглобинъ при свертыванiи крови не претерпѣваетъ, какъ

извѣстно, никакихъ измѣненій. Поэтому, при разборѣ физіологическаго вопроса, въ обоихъ разбираемыхъ случаяхъ шарики нормальной крови будутъ считаться способными связывать CO_2 въ большомъ количествѣ и въ значительной зависимости отъ давленія.

Теперь приступаю къ разбору нашего вопроса для слѣдующихъ условій дыхательнаго обмѣна CO_2, считающихся нормальными.

Взрослый мужчина въ покойномъ состояніи, выдыхая 15 разъ въ минуту объемъ легочнаго воздуха въ 500 к. см. съ 4% CO_2, выводитъ изъ тѣла въ сутки до 900 гр. CO_2. Этому соотвѣтствуетъ круглымъ числомъ выведеніе изъ легкаго съ каждымъ выдыханіемъ 20 к. см. CO_2 или 300 к. см. въ 1′ при стаціонарномъ содержаніи ея въ воздухѣ легочныхъ пузырьковъ въ 5%, чему соотвѣтствуетъ напряженіе CO_2 здѣсь въ 38 мм. рт. Съ другой стороны, судя по нормальному содержанію CO_2 въ венной крови, признаютъ, что она насыщается въ тканяхъ этимъ газомъ при напряженіи послѣдняго около 50 мм. рт., и съ каждымъ оборотомъ крови отдаетъ все зачерпнутое количество въ воздушную полость легкаго. Значитъ, изъ крови выдѣляется въ воздухъ легкаго въ теченіе 1′ тоже 300 к. см. CO_2 и никакъ не меньше, потому что иначе происходили бы застои ея въ крови.

Посмотримъ же, какъ справляется кровь съ этой задачей, удовлетворяя послѣднему условію.

Начнемъ съ фазы выведенія CO_2 изъ крови въ воздухъ легкаго для случая, когда обѣ составныя части крови, плазма и шарики, связываютъ CO_2 химически въ зависимости отъ давленія.

Условія для выхожденія изъ крови растворившейся въ ней углекислоты очевидно существуютъ (кровь переходитъ отъ мѣстъ большаго къ мѣсту меньшаго напряженія этого газа); но достаточно ли этого количества для покрытія 300 к. см. въ 1′? Разсчесть это не трудно [1]). Если въ тѣлѣ взрослаго мужчины 5 литровъ крови и вся эта масса протекаетъ по тѣлу (слѣдовательно и по капиллярамъ легкаго) два раза въ 1′, то вопросъ разрѣшается слѣдующимъ образомъ: нужно высчитать, какое количе-

---

1) Ради бо́льшей незыблемости вывода принятыя для расчета числа намѣренно нѣсколько преувеличены.

ство CO_2 растворяется въ 10000 к. см. крови при давленіи въ 50 мм. рт. и при температурѣ 37°—37,5° С., и какое количество ея растворится въ тѣхъ же 10000 к. см. при той же температурѣ, но меньшемъ давленіи, и именно при 38 мм. рт., такъ какъ это именно количество ея и останется въ крови послѣ отдачи газа въ легкое. Коэффиціентъ растворенія CO_2 въ крови намъ извѣстенъ (0,56); слѣдовательно имѣемъ:

при давленіи въ 50 мм. . . $10000 \times 0{,}56 \times \frac{50}{1000} = 280$

» » » 38 » . . $10000 \times 0{,}56 \times \frac{38}{1000} = 212{,}8.$

Разность $280 - 212{,}8 = 67$ и есть часть растворениаго въ крови газа, перешедшая изъ крови въ легкое въ теченіе 1′.

Откуда же берутся недостающіе 233 к. см.?

Пополнить этотъ недочетъ можетъ очевидно только CO_2, связанная кровью слабо-химически, насколько можетъ выдѣлиться изъ всего запаса оной достаточное для пополненія убыли количество, соотвѣтственно паденію напряженія съ 50 мм. на 38 мм.

Для рѣшенія послѣдняго вопроса привожу два опыта на свѣже выпущенной дефибринированной крови собаки.

№	*V*	*t*	*p*	*A*	*y*	химич. поглощ. на 100 крови.
12	50,179	37—37,5° С.	48,58	16,456	0,56	30,07
13	»	»	30,15	11,630	0,56	21,50

Опыты эти показываютъ, что 100 к. с. крови, насыщенной при ея нормальной температурѣ CO_2 подъ давленіемъ около 50 мм., способны отдавать, при паденіи давленія на 18 мм., 8,5 куб. см. газа; другими словами, 100 кр. содержатъ въ себѣ 8,5 куб. см. CO_2, способныхъ переходить диффузіей въ атмосферу съ напряженіемъ газа на 18 мм. меньше.

Но для пополненія недочета CO_2 въ 233 к. см. было бы достаточно (на паденіе давленія въ 12 мм.) 2,5 к. см. изъ запаса

слабо связанной CO_2, потому что 10000 к. см. дали бы тогда 250; стало быть, пополненіе недочета изъ сказаннаго источника возможно даже съ избыткомъ; и кровь, передавъ зачерпнутое въ тканяхъ легкому, возвращалась бы къ тканямъ со способностью зачерпывать газъ не только въ прежнемъ, но даже въ нѣсколько большемъ количествѣ, потому что запасъ способной къ диффузіи части химически связанной CO_2 очевидно выше чѣмъ 2,5 на 100 крови.

Разберемъ теперь другой случай, когда CO_2 связывается въ зависимости отъ давленія одними шариками, а плазма поглощаетъ ее наподобіе слабаго раствора Na_2CO_3, т.-е. почти независимо отъ давленія въ предѣлахъ послѣдняго между 50 и 38 мм.

При такомъ условіи щелочи плазмы, разъ насытившись CO_2 до степени, соотвѣтствующей превращенію Na_2CO_3 въ бикарбонатъ, сдѣлались бы неспособны ни отдавать въ легкое, на разность напряженій отъ 50 до 38 мм., уловимыхъ количествъ газа, ни зачерпывать его въ тканяхъ; и вся работа обмѣна ложилась бы на часть CO_2, растворенную въ обѣихъ составныхъ частяхъ крови, и на часть, химически связанную одними шариками. Величина растворенной части, способной переходить въ легкое, оставалась бы прежней, 67 к. см.; а пополненіе недочета легло бы на CO_2 шариковъ. Въ крови шарики занимаютъ $^4/_{10}$ объема, и если бы они связывали на равные объемы тѣ же количества CO_2, что сыворотка, то въ нормальной крови съ недѣятельной плазмой на ихъ долю приходился бы запасъ слабо связанной CO_2, уменьшенный до $^4/_{10}$; но они связываютъ, при давленіи около 50 мм., раза въ полтора больше CO_2, чѣмъ сыворотка; слѣдовательно, по числамъ опытовъ 12 и 13, на ихъ долю приходилась бы половина или даже нѣсколько болѣе половины 8,5 способной къ диффузіи CO_2 для разницы давленій 50 и 38 мм. Стало быть, покрытіе недочета въ 233 куб. см. отдачей 2,5 со 100 крови было бы возможно и для однихъ шариковъ. Возможно даже, что они справлялись бы съ этой задачей и въ случаяхъ усиленнаго образованія CO_2 въ тканяхъ (resp. усиленной отдачи того же газа изъ крови въ легкое), потому что тогда на подмогу выдыханію CO_2 изъ крови всегда наступаетъ усиленная вентиляція легкаго (усиленіе дыхательныхъ движеній),

т.-е. пониженіе напряженія CO_2 въ легочныхъ пузырькахъ противъ 38 мм.

Итакъ, теоретически дыхательный обмѣнъ CO_2 былъ бы возможенъ и въ случаѣ, если бы плазма оказалась неспособной связывать CO_2 въ зависимости отъ давленія [1]).

Но какой же смыслъ оставался бы тогда за щелочами кровяной плазмы?

За плазмой крови и лимфы оставалось бы важное значеніе складочнаго мѣста щелочей, способныхъ нейтрализовать вредныя для организма и едва ли не безпрерывно развивающіяся въ тѣлѣ кислоты, помимо CO_2, и выводить ихъ въ видѣ безвредныхъ солей изъ тѣла. При этомъ кислоты, поступая въ кровь, могли бы способствовать освобожденію химически связанной CO_2 и обусловливать этимъ усиленное выдѣленіе послѣдней дыханіемъ, но эта дѣятельность все-таки не была бы дыхательной, какъ не стоящая ни въ какой связи съ дыханіемъ тканей. Эта побочная функція щелочей плазмы остается за ними очевидно и въ случаѣ, если плазма связываетъ CO_2 въ зависимости отъ давленія.

Итакъ, приведенными опытами доказывается, что

угольная кислота выдыхается изъ крови путемъ диффузіи, и основаніемъ для этого служитъ, помимо растворенія газа, слабо-химическое поглощеніе ея обѣими главными составными частями крови или одними красными шариками.

---

1) Единственнымъ аргументомъ противъ возможности дыхательнаго обмѣна CO_2 дѣятельностью однихъ шариковъ могли бы служить факты безнаказаннаго перенесенія человѣкомъ и животными большихъ потерь крови; но эта безнаказанность зависитъ, можетъ быть, отъ того, что тогда развитіе CO_2 въ тканяхъ значительно падаетъ.

Напряженіе кислорода въ легочномъ воздухѣ при разныхъ условіяхъ.

Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiologie. Bd. XXIII, 1880.

Въ моей статьѣ о дыханіи въ разрѣженномъ воздухѣ, помѣщенной въ XXII томѣ этого архива, вкралась, къ крайнему моему сожалѣнію, слѣдующая ошибка [1]): принявъ вѣрно часовое потребленіе O_2 въ 30 грм., я высчиталъ на 1 минуту невѣрно, вмѣсто 350 к. см.—700. Понятно, что черезъ это стали невѣрны и выводы.

Это обстоятельство заставило меня вдуматься въ вопросъ снова, и теперь я въ состояніи указать на истинную причину обѣднѣнія крови кислородомъ при дыханіи въ разрѣженномъ воздухѣ. Она лежитъ первично въ очень сильномъ и очень быстро наступающемъ паденіи напряженія O_2 въ легочномъ воздухѣ. Условія, которыми это опредѣляется, играютъ роль и при нормальномъ дыханіи, и ихъ два: то, что потребляемый изъ легочнаго воздуха кислородъ замѣняется, при вдыханіи, не этимъ газомъ, а смѣсью его съ N; и то еще обстоятельство, что съ воздухомъ легочныхъ пузырьковъ смѣшивается не весь вдыхаемый объемъ воздуха, а лишь бóльшая или меньшая часть его. Такъ какъ вліяніе обоихъ этихъ условій на дыханіе никѣмъ еще не изучалось, то я начну съ описанія его вліянія на нормальное дыханіе.

Ради упрощенія задачи я приму всѣ дыхательныя величины постоянными, за исключеніемъ непрерывно измѣняющагося процентнаго содержанія O_2, N и CO_2 въ легочномъ воздухѣ (что приблизительно вѣрно); и приму для нихъ слѣдующія числа (всѣ объемы воздуха сведены на 0^0 и 760 мм.). Стаціонарный

---

1) Профес. *Цунтцъ* былъ такъ добръ, что указалъ мнѣ эту ошибку.

или неизмѣнный объемъ легочнаго воздуха пусть будетъ равенъ 2500 куб. см.; число дыханій 15 въ 1′ (или 14 періодовъ въ 1′); потребленіе O_2 въ теченіе періода равнымъ 25 куб. см.; а продукцію CO_2 за то же время въ 20 куб. см.; наконецъ, объемъ вдыханія = 505 к. см., а объемъ выдыханія = 500 [1]). Примемъ сверхъ того на первый разъ, что весь вдохнутый объемъ воздуха равномѣрно смѣшивается съ воздухомъ легочныхъ пузырьковъ.

Если начать, при этихъ условіяхъ разсматриванія, съ момента, послѣдующаго за выдыханіемъ, и принять для легочнаго воздуха извѣстный средній составъ выдыхаемаго (16 O_2, 80 N и 4 CO_2), то измѣненія его въ теченіе дыхательнаго періода будутъ последовательно:

$$2500 \begin{cases} 400\ O_2 \\ 2000\ N \\ 100\ CO_2 \end{cases} ;\ 2495 \begin{cases} 375\ O_2 \\ 2000\ N \\ 120\ CO_2 \end{cases} ;\ 3000 \begin{cases} 476\ O_2 \\ 2404\ N \\ 120\ CO_2 \end{cases} ;\ 2500 \begin{cases} 396{,}7\ O_2 \\ 2003{,}3\ N \\ 100\ CO_2 \end{cases}$$

Если обозначить первоначальный объемъ кислорода (400) черезъ V_o, а измѣненный въ концѣ періода (396,7) черезъ V_1, то отношеніе между ними выразится слѣдующимъ уравненіемъ

$$V_1 = (V_o - 25 + 101)\frac{5}{6} = (V_o + 76)\frac{5}{6}.$$

Въ теченіе 2-го періода объемъ V_1 претерпитъ такія же измѣненія, какъ V_0 въ предшествуюшій; слѣдовательно

$$V_2 = (V_1 + 76)\frac{5}{6}.$$

Продолжая эти разсужденія, мы получимъ вообще

$$V_n = 76 \times \frac{5}{6} + 76\left[\frac{5}{6}\right]^2 + \ldots + 76\left[\frac{5}{6}\right]^n + V_o\left[\frac{5}{6}\right]^n$$

откуда

$$V_n = 380 + (V_o - 380)\left[\frac{5}{6}\right]^n.$$

При $n = \infty$, 2-й членъ правой суммы будетъ нуль; слѣдовательно число 380 будетъ представлять величину, ниже которой объемъ кислорода въ легочномъ воздухѣ спуститься при сказан-

1) Къ объему выдыханія я присоединяю избытокъ объема потребленнаго O_2 противъ объема выдохнутой CO_2—избытокъ равный 5 куб. см.

ныхъ условіяхъ не можетъ. Величина эта въ то же время не зависитъ отъ величины V_0, стало быть, каковъ бы ни былъ первоначальный объемъ кислорода, величина его при сказанныхъ условіяхъ во всякомъ случаѣ спадетъ до 380, съ тою лишь разницею, что спаденіе произойдетъ тѣмъ быстрѣе, чѣмъ меньше V_0.

Съ другой стороны число 380,—я его назову стаціонарнымъ объемомъ кислорода, — зависитъ какъ отъ абсолютной величины періодическаго потребленія и притока кислорода, такъ и отъ частнаго $^5/_6$, предполагающаго полное смѣшеніе всего вдохнутаго воздуха съ легочнымъ, чего въ дѣйствительности не бываетъ.

Поэтому примемъ, что съ легочнымъ воздухомъ смѣшивается лишь $^4/_5$ вдохнутаго объема, а остатокъ присоединяется къ 400 к. см. выдыхаемаго воздуха. Тогда измѣненія легочнаго воздуха въ теченіе періода будутъ:

$$2500\begin{cases}400\ O_2\\2000\ N\\100\ CO_2\end{cases};\quad 2495\begin{cases}375\ O_2\\2000\ N\\120\ CO_2\end{cases};\quad 2900\begin{cases}456\ O_2\\2324\ N\\120\ CO_2\end{cases};\quad 2500\begin{cases}393\ O_2\\2003{,}5\ N;\\103{,}5\ CO_2\end{cases}$$

и отношеніе между V_1 и V_0 приметъ слѣдующій видъ

$$V_1 = (V_0 + 56)\frac{25}{29}.$$

Откуда вообще

$$V_n = 56\times\frac{25}{29} + 56\left(\frac{25}{29}\right)^2 + \ .\ .\ .\ + 56\times\left[\frac{25}{29}\right]^n + V_0\left[\frac{25}{29}\right]^n;$$

и

$$V_n = 350 + (V_0 - 350)\left[\frac{25}{29}\right]^n.$$

Стаціонарный объемъ кислорода здѣсь меньше, чѣмъ въ предыдущемъ случаѣ, но онъ еще достаточенъ для объясненія извѣстнаго средняго содержанія кислорода въ выдыхаемомъ воздухѣ. Такъ, содержанію 350 к. см. въ 2500 соотвѣтствуютъ 14% O_2; слѣдовательно, въ $^4/_5$ выдыхаемаго объема (400) содержащіеся 56 к. см. O_2, соединяясь съ 20 к. см. этого газа въ неизмѣненномъ выдыхаемомъ воздухѣ, даютъ 76 к. см. O_2 на 500 к. см., или 15,2%.

Если, далѣе, принять по *Грегану*, что изъ вдыхаемаго объема утилизируются лишь $^2/_3$, то стаціонарный объемъ O_2 былъ бы около 320 и составлялъ 12,8% легочнаго воздуха; а въ выдыхаемомъ доходилъ бы до 15,2%.

Перехожу къ дыханію подъ давленіемъ $^1/_3$ атмосферы, удерживая всѣ прежнія отношенія.

Теперь человѣкъ потребляетъ періодически изъ легочнаго воздуха 75 к. см. O_2 и выдѣляетъ 60 к. см. CO_2. Слѣдовательно составъ легочнаго воздуха измѣняется, при полномъ смѣшеніи вдыхаемаго воздуха съ легочнымъ, слѣдующимъ образомъ.

$$2500 \begin{cases} 400\ O_2 \\ 2000\ N \\ 100\ CO_2 \end{cases} ; \quad 2485 \begin{cases} 325\ O_2 \\ 2000\ N \\ 160\ CO_2 \end{cases} ; \quad 3000 \begin{cases} 428\ O_2 \\ 2412\ N \\ 160\ CO_2 \end{cases} ; \quad 2500 \begin{cases} 356{,}7\ O_2 \\ 2010\ \ N ; \\ 133{,}3\ CO_2 \end{cases}$$

а при смѣшеніи только $^4/_5$, что вѣрнѣе:

$$2500 \begin{cases} 400\ O_2 \\ 2000\ N \\ 100\ CO_2 \end{cases} ; \quad 2485 \begin{cases} 325\ O_2 \\ 2000\ N \\ 160\ CO_2 \end{cases} ; \quad 2900 \begin{cases} 408\ O_2 \\ 2332\ N \\ 160\ CO_2 \end{cases} ; \quad 2500 \begin{cases} 351{,}7\ O_2 \\ 2010{,}3\ N \\ 138\ CO_2 \end{cases}$$

Во второмъ изъ этихъ случаевъ

$$V_n = 50 + (V_0 - 50)\left[\frac{25}{29}\right]^n.$$

При $n = 50$, т.-е. въ теченіе 50-го періода, или черезъ $3^1/_2$ минуты, содержаніе воздуха легочныхъ пузырьковъ падаетъ съ 400 на 50 к. см., или на $2^0/_0$, съ напряженіемъ въ 5 миллиметровъ!

Задушеніе наступаетъ однако не столь быстро. Какъ только напряженіе кислорода въ концѣ даннаго періода падаетъ ниже той границы, при которой поглощеніе кровью O_2 сохраняетъ нормальную высоту, поглощеніе это и вмѣстѣ съ нимъ періодическое потребленіе кислорода должны по необходимости понизиться. Съ этого мгновенія кислородъ не будетъ исчезать изъ легочнаго воздуха столь же быстро. Въ нашемъ примѣрѣ этотъ моментъ долженъ былъ бы наступить въ теченіе 5-го періода, потому что напряженіе O_2 въ началѣ его равно 25 мм., а въ концѣ—17. Если бы при этомъ періодическое потребленіе кислорода уменьшилось, напримѣръ, до 60 к. см., то при прежнемъ выдѣленіи CO_2 въ 60 к. см., стаціонарный объемъ O_2 повысился бы съ 50 на 125. — Это было бы, конечно, облегченіе, но оно продолжалось бы недолго! — Черезъ 50 періодовъ, или $3^1/_2'$, стаціонарный объемъ O_2 въ началѣ 5-го періода равный 243, упалъ бы до 125, а напряженіе—съ 25 на 12,5 мм.; слѣдовательно потребленію кислорода пришлось бы уменьшаться вновь. Уменьшеніе его и выдѣленія CO_2 на $^1/_3$, т.-е. потребленіе O_2

въ 50 и выдѣленіе CO_2 въ 40 к. см., могло бы повидимому еще спасти человѣка, потому что при этихъ условіяхъ стаціонарному объему въ 200 к. см. соотвѣтствуетъ 20 мм. напряженія. Легко однако видѣть, что при такомъ повышеніи напряженія O_2 потребленіе его должно было бы подняться выше 50. Словомъ, дышащій человѣкъ попадаетъ въ circulus vitiosus, какъ только напряженіе O_2 въ легочныхъ пузырькахъ падаетъ ниже того предѣла, при которомъ кровь поглощаетъ кислородъ независимо отъ давленія; ибо какъ только напряженіе газа начнетъ возрастать, вслѣдствіе уменьшенія періодическаго потребленія, такъ должно усиливаться поглощеніе его кровью, resp. потребленіе.

Но не можетъ ли задыханіе быть предотвращено усиленіемъ дыхательныхъ движеній?

На этотъ вопросъ не трудно отвѣтить. Опасность задушенія наступаетъ, какъ сказано выше, въ теченіе 5-го періода отъ начала дыханія, когда напряженіе кислорода падаетъ ниже 20 мм. Такъ какъ среднее содержаніе O_2 въ воздухѣ легочныхъ пузырьковъ тогда около 8%, съ напряженіемъ около 21 мм., то для повышенія этого содержанія до прежней величины 16% нужно было бы сдѣлать въ одинъ мигъ 4 вдыханія по 1000 к. см. каждое; а по истеченіи дальнѣйшихъ 4 періодовъ, съ дыханіями въ 500 к. см., эта усиленная работа должна была бы повториться. Другими словами, компенсація была бы невозможна.

Для случая дыханія подъ давленіемъ $1/2$ атмосф. (приблизительно на вершинѣ Монблана), при всѣхъ прежнихъ данныхъ

$$V_n = 200 + (V_0 - 200)\left[\frac{25}{29}\right]^n .$$

стаціонарный объемъ кислорода составляетъ 8% газа, съ 30 мм. напряженія. Значитъ, дыханіе еще возможно.

При дыханіи подъ давленіемъ 300 мм., (круглымъ числомъ),

$$V_n = 119 + (V_0 - 119)\left[\frac{25}{29}\right]^n .$$

Здѣсь нормальное дыханіе уже невозможно, потому что стаціонарное содержаніе O_2 равно 4,7% съ напряженіемъ 14 мм.

Въ заключеніе привожу стаціонарный составъ воздуха легочныхъ пузырьковъ для всѣхъ 3 газовъ, при условіи, когда человѣкъ потребляетъ періодически (при 14 періодахъ въ 1′) 25 к. см.

O_2 и выдѣляетъ 20 к. см. CO_2, когда притомъ изъ вдыхаемаго объема (500 к. см.) утилизируется, т.-е. смѣшивается съ 2500 к. см., лишь $^4/_5$.

Объемъ каждаго изъ составныхъ газовъ становится стаціонарнымъ лишь при условіи, когда онъ, претерпѣвъ всѣ измѣненія въ теченіе дыхательнаго періода, остается постояннымъ. Для полученія его нужно слѣдовательно знать только періодическія измѣненія даннаго газа. Измѣненія эти, при сказанныхъ условіяхъ, слѣдующія:

для кислорода . . . . $-25+81$
» азота . . . . $+324$
» для угольной кислоты . . . $+20$

Если стаціонарные объемы O_2, N и CO_2 обозначимъ черезъ x, y и z, то

$$\left[x+56\right]\frac{25}{29}=x \qquad x=350$$

$$\left[y+324\right]\frac{25}{29}=y \qquad y=2025$$

$$\left[z+20\right]\frac{25}{29}=z \qquad z=125$$

$$x+y+z=2500$$

Относительно O_2 было уже выше замѣчено, что его стаціонарное содержаніе согласуется съ извѣстнымъ среднимъ содержаніемъ O_2 въ выдыхаемомъ воздухѣ. То же имѣетъ мѣсто и въ отношеніи азота. $^4/_5$ выдыханія даютъ 324 N, а не утилизированная $^1/_5$ вдыханія содержитъ 60 N; слѣдовательно въ 500 к. см. выдыханія содержатся 404 к. см., N, т.-е. нѣсколько менѣе 81%, что согласно съ данными *Шпека*, 78,58 — 81,28%. Соотвѣтственный расчетъ даетъ для CO_2 въ выдыхаемомъ воздухѣ 4%.

Теорія состава легочнаго воздуха.

Pflüger's Arch f. d. gesammte Physiolog. Bd. XXIV. 1881.

Въ статьѣ о напряженіи кислорода въ легочномъ воздухѣ при разныхъ условіяхъ я вывелъ законъ стаціонарнаго состава воздуха легочныхъ пузырьковъ и разсмотрѣлъ частный случай его примѣненія, именно случай, когда человѣкъ дышетъ разрѣженнымъ воздухомъ. Теперь же законъ будетъ разсматриваться въ связи со всѣми вообще условіями, вліяющими на дыхательную дѣятельность.

Въ основу закона приняты слѣдующія положенія: 1) постоянный ходъ потребленія O_2 и выдѣленія CO_2, при неизмѣнномъ состояніи N; 2) правильная періодичность дыхательныхъ движеній, съ опредѣленнымъ перевѣсомъ, по объему, вдыханій надъ выдыханіями, и 3) полное смѣшеніе опредѣленной части вдохнутаго объема съ всѣмъ объемомъ легочнаго воздуха.

Соотвѣтственно этимъ даннымъ, пусть будутъ:
A объемъ воздуха легочныхъ пузырьковъ; B смѣшивающаяся съ нимъ часть вдыханія;
T_0, U_0, V_0 произвольные объемы O_2, N и CO_2 въ A (т.-е. $T_0 + U_0 + V_0 = A$);
t, u, v періодическіе приросты этихъ газовъ; наконецъ
T, U, V стаціонарные объемы кислорода, азота и угольной кислоты.

Тогда объемы T_0 U_0 и V_0, измѣняясь въ теченіе дыханія по одному и тому же закону, дадутъ по истеченіи n-го періода

для O_2:

$$T_n = T + \left[T_0 - T\right]\left[\frac{A}{A+B}\right]^n \quad \ldots \ldots \ldots (1)$$

для N:

$$U_n = U + \left[U_0 - U\right]\left[\frac{A}{A+B}\right]^n \quad \ldots \ldots \ldots (2)$$

для CO_2:

$$V_n = V + \left[V_0 - V\right]\left[\frac{A}{A+B}\right]^n \quad \ldots\ldots\ldots (3)$$

Кромѣ того для опредѣленія T, U и V

$$\left[T+t\right]\left[\frac{A}{A+B}\right] = T \qquad T = \frac{A}{B}t \quad \ldots\ldots\ldots (4)$$

$$\left[U+u\right]\left[\frac{A}{A+B}\right] = U \qquad U = \frac{A}{B}u \quad \ldots\ldots\ldots (5)$$

$$\left[V+v\right]\left[\frac{A}{A+B}\right] = V \qquad V = \frac{A}{B}v \quad \ldots\ldots\ldots (6)$$

Періодическій приростъ v угольной кислоты представляетъ количество ея, выдѣлившееся въ теченіе періода изъ крови въ легкое; а приростъ кислорода t слагается изъ слѣдующихъ частей: 1) періодическаго потребленія кислорода,—эта величина входитъ въ уравненіе съ отрицательнымъ знакомъ; 2) періодическаго притока O_2 съ вдыханіями,—эта часть $= \frac{B}{5}$; наконецъ 3) изъ перевѣса по объему потребленнаго O_2 противъ выдѣленной CO_2 въ теченіе каждаго періода, — перевѣса, пополняющагося воздухомъ. Эта часть будетъ слѣдовательно равна $\frac{a-v}{5}$, если періодическую величину потребленія O_2 обозначить черезъ a. Такимъ образомъ, періодическій приростъ N будетъ $u = \frac{4}{5}B + \frac{4}{5}(a-v)$. На этихъ основаніяхъ

$$T = \frac{A}{B}\left[\frac{B}{5} + \frac{a-v}{5} - \quad\right] \quad \ldots\ldots\ldots (7)$$

$$U = \frac{A}{B}\left[\frac{4}{5}B + \frac{4}{15}(a-v)\right] \quad \ldots\ldots\ldots (8)$$

$$V = \frac{A}{B}v \quad \ldots\ldots\ldots (9)$$

1) Емкость легкаго и дыхательные размахи грудной клѣтки.

Когда колеблется отъ одного человѣка къ другому емкость грудной клѣтки, resp A, то вмѣстѣ съ нею и въ томъ же направленіи измѣняется величина B; и бываютъ, конечно, случаи,

гдѣ $\frac{A}{B}$ остается неизмѣннымъ. Въ такихъ случаяхъ, при неизмѣнныхъ величинахъ потребленія O_2 и продукціи CO_2, измѣняются лишь стаціонарные объемы кислорода и азота, а соотвѣтственная величина CO_2 остается постоянной. Изъ уравненій 7 и 8 непосредственно видно, что T и U увеличиваются и уменьшаются вмѣстѣ съ B, при постоянномъ $\frac{A}{B}$. Чтобы рѣшить, которая изъ этихъ величинъ колеблется сильнѣе, достаточно принять въ обоихъ уравненіяхъ $\frac{B}{5}+\frac{a-v}{5}=k$ и раздѣлить приростъ N на приростъ O_2, тогда получится частное $\frac{4k}{k-a}$ или $4+\frac{4a}{k-a}$. Величина k увеличивается и уменьшается съ B; слѣдовательно чѣмъ больше B, тѣмъ меньше частное $\frac{4a}{k-a}$, тѣмъ меньше относительный приростъ N, сравнительно съ приростомъ O_2.

Примѣры.

При $A=2500$ к. см.; $B=400$ к. см.
$a=25$ к. см.; $v=20$ к. см.
Нормальный случай.

$$2500\begin{cases}T=350 \text{ к. см.}\\ U=2025 \text{ » »}\\ V=125 \text{ » »}\end{cases}$$

При $A=3100$ к. см.; $B=496$ к. см
$a=25$ к. см.; $v=20$ к. см.

$$3100\begin{cases}T=470 \text{ к. см.}\\ U=2505 \text{ » »}\\ V=125 \text{ » «}\end{cases}$$

Абсолютно T и U возросли; а въ процентахъ T увеличились съ 14% на 15,1%, а процентъ U не только не увеличился, но даже уменьшился, съ 81 на 80.

Существуютъ ли на нормальныхъ людяхъ случаи увеличенія A и уменьшенія B, я не знаю, но патологически, а также при дыханіи въ сильно сжатомъ воздухѣ, они мыслимы. Если бы въ такомъ случаѣ дыхательныя движенія сохраняли прежній ритмъ и величины a и v оставались прежнія, то въ результатѣ получилось бы увеличеніе $\frac{A}{B}\cdot v$ или V и уменьшеніе T и U болѣе рѣзкое для T. Увеличеніе стаціонарнаго объема CO_2 объяснялось бы тогда менѣе сильной вентиляціей легкаго.

Понятно, что при противоположномъ измѣненіи отношенія $\frac{A}{B}$ получалось бы обратное.

Въ жизни всего чаще бываютъ случаи, гдѣ при данной величинѣ A, съ измѣненіями глубины вдыханій, измѣняется компенсаторно ихъ ритмъ, т.-е. дыханіе учащается при уплощеніи вдыханій и наоборотъ. Простѣйшій случай здѣсь тотъ, когда дыхательная работа, измѣряемая объемами вдохнутаго или выдохнутаго воздуха, остается въ 1-цу времени неизмѣнной. Для такого случая въ уравненіяхъ 7, 8 и 9 слѣдуетъ представить a и v въ видѣ дробей, напр., $\frac{a'}{f}$ и $\frac{v'}{f}$, гдѣ a' и v' представляютъ потребленіе O_2 и выдѣленіе CO_2 въ теченіе 1′, а f—число вдыханій за то же время. Если при этомъ f измѣняется въ $g > f$ или $h < f$, то величины T, U и V останутся неизмѣнными лишь при условіи, если въ первомъ случаѣ B уменьшится въ отношеніи $\frac{f}{g}$, а во второмъ увеличится въ отношеніи $\frac{f}{h}$. Стаціонарные объемы всѣхъ трехъ газовъ останутся тогда неизмѣнными; но типъ болѣе рѣдкихъ и глубокихъ дыханій окажется выгоднѣе противоположнаго, потому что валовой объемъ вдыханія (не его утилизируемая часть B!) увеличится въ меньшей пропорціи, чѣмъ $\frac{f}{h}$, слѣдовательно сохранится нѣкоторая часть работы дыхательныхъ мышцъ.

2) Сжатіе и разрѣженіе воздуха.

Измѣненія, претерпѣваемыя воздухомъ легочныхъ пузырьковъ при дыханіи въ сжатомъ и разрѣженномъ воздухѣ, очень рѣзки и зависятъ отъ того, что A и B, какъ объемы, очень мало или совсѣмъ не измѣняются, тогда какъ a и v, какъ объемы, измѣняются очень значительно, и именно обратно пропорціонально существующему давленію.

Если поэтому нормальное давленіе p, при которомъ періодическое потребленіе O_2 и выдѣленіе CO_2, въ объемахъ, равно a и v, переходитъ въ $m \gtrless p$, то уравненія 7, 8, и 9 принимаютъ слѣдующій видъ:

$$T = \frac{A}{B}\left[\frac{B}{5} - \left[\frac{4a + v}{5}\right]\frac{p}{m}\right]$$

$$U = \frac{A}{B}\left[\frac{4B}{5} + \left[\frac{4a - 4v}{5}\right]\frac{p}{m}\right]$$

$$V = \frac{A}{B} \cdot v \cdot \frac{p}{m}.$$

Стаціонарный объемъ CO_2 измѣняется слѣдовательно обратно пропорціонально давленію, и въ томъ же отношеніи измѣняется процентъ CO_2 въ воздухѣ легочныхъ пузырьковъ; а парціальное напряженіе газа остается неизмѣннымъ. Послѣднее обстоятельство важно въ томъ отношеніи, что оно доказываетъ независимость величины выдѣленія CO_2 отъ колебаній атмосфернаго давленія.

Съ увеличеніемъ давленія U уменьшается, но очень незначительно, потому что числовая величина $\frac{4a - 4v}{5}$ въ сравненіи съ $^4/_5$ B ничтожна. T увеличивается, наоборотъ, значительно и именно на сумму уменьшенія U и V, потому что уравненіе $T + U + V = A$ имѣетъ мѣсто и теперь.

Пониженіе давленія дѣйствуетъ на T и U противоположно: объемъ N увеличивается медленно, а T убываетъ, и гораздо быстрѣе, потому что числовая величина $\frac{4a + v}{5}$ горяздо больше, чѣмъ $\frac{4(a - v)}{5}$.

Въ видѣ примѣровъ привожу измѣненія нормальнаго состава воздуха легочныхъ пузырьковъ, когда давленіе возрастаетъ съ 1 атмосф. на 2, 3, 4 . . . атмосф. и убываетъ съ 1 атмосф. на $^1/_2$, $^1/_3$ . . . атмосф.

	1 атм.	2 атм.	3 атм.	5 атм.	10 атм.
O_2	350	425	450	470	485
N	2025	2012,5	2008,3	2005	2002,5
CO_2	125	62,5	41,6	25	12,5

	$^1/_2$ атм.	$^1/_3$ атм.	0.3 атм.
O_2	200	50	*нуль*
N	2050	2075	2083,33
CO_2	250	375	416,66

3) Составъ вдыхаемаго воздуха.

Не менѣе рѣзки измѣненія легочнаго воздуха при колебаніяхъ состава вдыхаемаго. Изъ измѣненій послѣдняго практически важны лишь слѣдующія: присутствіе CO_2 въ воздухѣ и измѣненное содержаніе въ немъ кислорода.

A) Если количество CO_2 во вдыхаемомъ воздухѣ постоянно и составляетъ n %, то періодическій приростъ угольной кислоты v увеличивается на $\frac{B}{100}n$. Слѣдовательно

$$V = \frac{A}{B}\left[v + \frac{B}{100}\cdot n\right] = \frac{A}{B}v + \frac{A}{100}\cdot n;$$

т.-е. на каждый 1% CO_2 во вдыхаемомъ воздухѣ стаціонарный объемъ CO_2 въ легочныхъ пузырькахъ увеличивается на $\frac{A}{100}$.

Въ атмосферномъ воздухѣ n не болѣе 0,05; если при этомъ $A = 2500$, то увеличеніе V (125 к. см.) будетъ всего 1,25. Въ нижеслѣдующихъ примѣрахъ при $A = 2500$, приведены въ первой строкѣ проценты CO_2 во вдыхаемомъ воздухѣ, во 2-й соотвѣтствующіе стаціонарные объемы (V), а въ 3-й соотвѣтствующія имъ парціальныя напряженія CO_2 въ ртутныхъ миллим.

0%	1%	3%	4%	6%	10%
125	150	200	225	275	375
38	45,6	60,8	68,4	83,6	114.

Чтобы показать, какъ отражается это вліяніе на дыхательномъ обмѣнѣ, я опишу ходъ явленій при слѣдующихъ сходныхъ условіяхъ: $A = 2500$; $B = 400$; t (потребленіе O_2) и v (выдѣленіе CO_2 изъ крови въ легкое) постоянны и равны 25 и 20 к. см.; содержаніе CO_2 во вдыхаемомъ воздухѣ равно 1%; періодическій приходъ CO_2 въ легкое $= 24$.

Въ нижеслѣдующихъ 3-хъ строкахъ приведены: послѣдовательные объемы CO_2 въ легочныхъ пузырькахъ послѣ вдыханій; соотвѣтствующіе объемы тотчасъ послѣ выдыханій и количества выдыхаемой CO_2.

149	152,45	155,41	157,98	160,19		174
128,45	131,41	133,98	136,19	138,09		150
20,55	21,04	21,43	21,69	22,10		24

Послѣднія числа строкъ суть предѣльныя измѣненія дыхательнаго обмѣна CO_2 [1]), за которыми обмѣнъ ея остается уже постояннымъ, такъ какъ весь періодическій приходъ этого газа въ легкое выводится вонъ съ каждымъ дыханіемъ $(174 \times \frac{4}{29} = 24)$. Изъ хода чиселъ въ двухъ нижнихъ строкахъ, кромѣ того, видно, что, несмотря на возрастающія количества выдыхаемой CO_2, содержаніе ея въ воздухѣ легочныхъ пузырьковъ постоянно возрастаетъ. Если принять далѣе, что при нормальныхъ условіяхъ дыханія напряженіе CO_2 въ венной крови не превышаетъ 50 мм. ртути, то выходило бы, что по достиженіи угольной кислотой стаціонарнаго объема (что̀ происходитъ черезъ 7′—8′ послѣ начала дыханія) дыханіе еще возможно безъ переполненія крови угольной кислотой противъ нормы, такъ какъ напряженіе ея въ воздухѣ легочныхъ пузырьковъ будетъ тогда $v = 46,5$ мм. рт. Если принять, наконецъ, что періодическая величина потребленія O_2 при разбираемомъ условіи остается постоянной, то чувствительнаго измѣненія въ дыхательномъ обмѣнѣ этого газа не произойдетъ. Другое дѣло, если бы вмѣстѣ съ пониженіемъ этой величины понизилась и величина образованія CO_2 въ тканяхъ, это повело бы къ меньшему переполненію крови угольной кислотой и дыханіе приблизилось бы съ этой стороны къ нормальнымъ условіямъ.

Понятно, что чѣмъ выше процентъ CO_2 въ воздухѣ, тѣмъ больше ея выводится съ каждымъ выдыханіемъ (при 1,5% CO_2 объемъ выдыхаемой CO_2 уже болѣе объема потребляемаго O_2) и тѣмъ скорѣе наступаетъ переполненіе крови угольной кислотой. Если бы значительное накопленіе послѣдней въ тѣлѣ было совмѣстимо съ жизнью, не вліяя рѣзко на величину потребленія

---

[1]) Числа средней строки представляютъ рядъ, въ которомъ каждый послѣдующій членъ получается изъ предшествующаго приложеніемъ къ нему 24 и помноженіемъ на $\frac{25}{29}$; поэтому членъ ряда, по истеченіи n періодовъ, будетъ

$$V_n = 150 + \left(150 - 24\right)\left(\frac{25}{29}\right)^n$$

При $n = 100$, т.-е. черезъ 7 минутъ дыханія, 2-я половина правой суммы практически равна нулю; слѣдовательно число 150 будетъ представлять стаціонарный объемъ CO_2 въ воздухѣ легочныхъ пузырьковъ.

O_2, то жизнь могла бы продолжаться при очень высокихъ процентахъ CO_2 во вдыхаемомъ воздухѣ, потому что всякому стаціонарному состоянію CO_2 въ легкомъ соотвѣтствуетъ равенство прихода ея въ легкое и удаленія ея изъ онаго. Такъ, при 6% CO_2 во вдыхаемомъ воздухѣ стаціонарному объему ея соотвѣтствуютъ *83,6 мм. рт. напряженія, съ 44 к. см.* періодическаго прихода и расхода. Другими словами, жизнь была бы *возможна*, если бы она была совмѣстима съ напряженіемъ CO_2 въ крови около 90 мм. рт. Дѣло другого рода, когда животное дышетъ въ тѣсномъ замкнутомъ пространствѣ; здѣсь рядомъ съ переполненіемъ вдыхаемаго воздуха угольной кислотой идетъ убыль изъ него O_2, *вслѣдствіе* чего образованіе CO_2 въ тканяхъ понижается, напряженіе ея въ крови становится меньше, чѣмъ во вдыхаемомъ воздухѣ, и вмѣсто того чтобы выступать изъ крови въ легкое, она, наоборотъ, *поглощается* изъ выдохнутаго воздуха кровью. Это доказано прямыми опытами.

B) Если обозначить черезъ n процентъ O_2 во вдыхаемомъ воздухѣ, то формула 7) принимаетъ слѣдующій видъ:

$$T = \frac{A}{B}\left[\frac{B}{100} \cdot n + \frac{n(a-v)}{100} - a\right];$$

или

$$T = n\left[\frac{A}{100} + \frac{A}{B} \cdot \frac{(a-v)}{100}\right] - \frac{A}{B}\,a$$

Если процентъ кислорода колеблется съ n на $n+1$, то увеличеніе и уменьшеніе T на 1% O_2 будетъ

$$\frac{A}{100} + \frac{A}{B}\left(\frac{a-v}{100}\right)$$

При $A = 2500$; $B = 400$; $a = 25$; $v = 20$.

Проц. O_2 во вдых. возд.	7	9	15	20	50	100
Стаціон. об. T . .	20,93	71,55	223,42	350	1109,37	2375
Напряж. въ мм. рт. .	6,36	21,75	67,92	106,40	337,24	722,0

Если принять, что химическое поглощеніе кислорода кровью при напряженіи этого газа въ 21 мм. сохраняетъ еще нормальную высоту, то съ пониженіемъ процента O_2 во вдыхаемомъ воздухѣ съ 20 на 9 связаны не только возможность жизни, но даже нормальный уровень кислороднаго обмѣна. Потребленіе

его (a) начинаетъ убывать лишь за этимъ предѣломъ напряженія.

Легко понять однако, что въ сильно сжатой атмосферѣ дыханіе возможно и при очень низкихъ процентахъ O_2 въ воздухѣ противъ 9 на 100. Такъ, при $A = 2500$; $B = 400$ и нормальныхъ величинахъ потребленія O_2 и выдѣленія изъ крови CO_2 (т.-е. при $a = 25$, $v = 20$), дыханіе подъ давленіемъ 5 атмосферъ воздушной смѣсью съ 4% O_2 даетъ слѣдующій стаціонарный объемъ этого газа въ легочномъ воздухѣ

$$T = \frac{25}{4}\left[16 - 5 + 0,05\right] = 69;$$

и этому содержанію (въ 2500) соотвѣтствуютъ 20,97 мм. рт. подъ давленіемъ 5 атм. или 104,8 напряж. при 1 атм.

Въ заключеніе приведу стаціонарный составъ легочнаго воздуха для двухъ различныхъ условій дыханія, но тождественныхъ по величинѣ внѣшняго притока O_2.

Дыхан. атм. возд. подъ давл. 5 атм.			Дыханіе чист. кислор.		
2500	470	O_2	2500	2375	O_2
	2005	N		0	N
	25	CO_2		125	CO_2

4. Колебанія величинъ a и v.

Одновременное колебаніе обѣихъ величинъ въ сторону увеличенія извѣстно на мышечной работѣ. При этомъ v увеличивается несравненно сильнѣе чѣмъ a и рядомъ съ этимъ всегда существуютъ компенсаторныя измѣненія дыхательныхъ движеній. Колебаніе a и v въ противную сторону теоретически возможно на истощенныхъ организмахъ (болѣзнью или голоданіемъ) при условіи, если уменьшены искусственными средствами тепловыя потери тѣла. Въ наиболѣе рѣзкой степени они наблюдались на животныхъ во время зимней спячки.

Изъ этихъ вліяній я разберу случай измѣненія дыхательнаго обмѣна газовъ при мышечной работѣ для слѣдующихъ исходныхъ условій: $A = 2500$; a увеличивается во всѣхъ случаяхъ вдвое, при увеличеніи нормальнаго v, т.-е. 20 к. см., вдвое, втрое, вчетверо...; для всѣхъ случаевъ компенсаторное усиленіе

дыхательныхъ движеній пусть будетъ состоять въ учащеніи ихъ съ 15 до 25 въ 1′ и увеличеніи глубины съ 400 до 600; что, съ переводомъ на 15 вдыханій въ 1′, даетъ 1000 к. см. для каждаго.

При послѣднемъ условіи $\frac{A}{B} = 2,5$; слѣдовательно [1])

при $v =$	40	60	80....	140....	200
стац. об. $V =$	100	150	200	350	500
напряж. $CO_2 =$	30,4 мм.	45,6	60,8	106,4	152

Стаціонарный объемъ O_2 будетъ вездѣ 375 к. см.

Приведенныя для V числа показываютъ, что принятая нами компенсація даетъ уже при $v = 60$ ощутительное переполненіе воздуха легочныхъ пузырьковъ угольной кислотой противъ нормы (150 противъ 125); а между тѣмъ едва ли можно сомнѣваться, что сильно работающій человѣкъ можетъ дышать безъ затрудненія и при большей продукціи CO_2, наприм., при $v = 80$. Какъ же объяснить это? Дальнѣйшимъ усиленіемъ компенсаціи едва ли возможно. Такъ, чтобы уменьшить при $v = 80$ стаціонарный объемъ съ 200 на 150, нужно $\frac{A}{x} \cdot 80 = 150$, или $x = 1333$, чему соотвѣтствуютъ 15 вдыханій въ 1′ въ 1333 к. см. каждое, или 25 вдыханій въ 1′ въ 800 к. см. каждое. Не увеличивается ли компенсаторно выдыханіе CO_2 кожей, или, можетъ быть, незатрудненность дыханія совмѣстима съ значительнымъ переполненіемъ крови угольной кислотой, если притокъ O_2 достаточенъ? Данныхъ для рѣшенія этихъ вопросовъ еще нѣтъ.

Измѣненіе дыхательнаго обмѣна при сильномъ голоданіи было изслѣдовано итальянскимъ физіологомъ *Лючіани* на искусникѣ голоданія *Суччи*. Голоданіе продолжалось 30 дней (въ мартѣ 1888, во *Флоренціи*) и данныя по газовому обмѣну за послѣдніе 10 дней были собраны *Лючіани* въ 13 табл. его сочиненія [2]).

---

[1]) Во всѣхъ приведенныхъ случаяхъ усиленнаго образованія CO_2, за исключеніемъ 1-го ($v = 4$), количество ея, входящее въ теченіе каждаго періода въ легкое, превышаетъ объемную убыль O_2; ради простоты расчета я принимаю, что этимъ избыткомъ вытѣсняется изъ полости легкаго исключительно азотъ.

[2]) Въ нѣмецкомъ переводѣ: „Das Hungern" Stud. u. Experim. am Menschen von Luigi Luciani. Hamb. u. Leipz. 1890. Стр. 185.

Къ сожалѣнію, между данными этой таблицы недостаетъ для нашего расчета точнаго опредѣленія средней величины одного вдыханія. Какъ было обойдено мною это затрудненіе, будетъ видно изъ послѣдующаго.

Вотъ среднія числа его опытовъ за 10 дней:

Въ теченіе 30 минутъ.

Число дыхан.	Кол. вдохн. воздуха.	Объемъ 1 вдыхан.	Кол. выд. CO_2 при 0^0 и 1 м. д.	Кол. потр. O_2 при 0^0 и 1 м. д.
511	161912 к. см.	311,21 к. см.	4418,98 к. см.	6472,44 к. см.

Чтобы подвести эти числа подъ условія нашего расчета, нужно: 1) перевести всѣ газовые объемы на 0^0 и 760 мм.; 2) перевести число дыханій въ 1′, полученное *Лючіани*, на 15 дыханій въ 1′ и измѣнить соотвѣтственнымъ образомъ объемъ одного вдыханія; наконецъ 3) вывести періодическія величины выдѣленія CO_2 и потребленія O_2.

Изъ числа въ 1-й графѣ выходитъ, что *Суччи* среднимъ числомъ производилъ 17 дыханій въ 1′. При переводѣ этого числа на 15 дыханій, или, что то же, 16 періодовъ на 14, получимъ для объема одного вдыханія $311,21 \times \frac{8}{7} = 355$ (кругл. числ.). Нѣтъ сомнѣнія, что вдыхаемый газъ имѣлъ комнатную температуру и давленіе не могло значительно уклоняться отъ 760; слѣдовательно, принявъ объемъ этотъ при 0^0 и 760 равнымъ 350, мы незначительно уклонимся отъ дѣйствительности и скорѣе въ сторону увеличенія, а не уменьшенія этого объема. Такимъ образомъ, произведя всѣ намѣченные выше расчеты, мы получимъ слѣдующій рядъ чиселъ:

объемъ одного вдыханія = 350

$$\text{періодич. величина выдѣл. } CO_2\ (v) = \frac{4418,98 \cdot 100}{76 \cdot 30 \cdot 14} = 14$$

$$\text{» » потребл. } O_2\ (a) = \frac{6472,44 \cdot 100}{76 \cdot 30 \cdot 14} = 20.$$

Если принять далѣе, что и здѣсь смѣшиваются съ воздухомъ легочныхъ пузырьковъ $^4/_5$ вдыхаемаго объема (т.-е. $B = 280$),

то при $A = 2500$ получимъ слѣдующій стаціонарный составъ легочнаго воздуха

$$2500 \left\{ \begin{array}{ll} 332{,}1 & O_2 \\ 2042{,}9 & N \\ 125 & CO_2 \end{array} \right.$$

Убѣдиться въ приблизительной вѣрности нашего расчета можно изъ того, что проценты CO_2 въ выдыхаемомъ воздухѣ по нашему расчету и по числамъ *Лючіани* отличаются незначительно другъ отъ друга. Такъ, по нашему расчету этотъ процентъ равенъ 4 (14 въ 350), а по числамъ *Лючіани* (гдѣ тоже принимается равенство между объемами вдыхаемаго и выдыхаемаго воздуха) онъ равенъ 3,6 $\left[\text{изъ } \frac{5814{,}4 \times 100}{161912} \right]$ и скорѣе больше, чѣмъ меньше, потому что вдыхаемый воздухъ имѣлъ комнатную температуру, а здѣсь въ знаменателѣ принято, что число соотвѣтствуетъ объему, сведенному на 0^0 и 760 давл.

Итакъ, опытами *Лючіани* были установлены слѣдующіе факты:

1) значительное паденіе величины газоваго обмѣна противъ нормы;

2) болѣе сильное паденіе выдѣленія CO_2 сравнительно съ потребленіемъ O_2, и

3) соотвѣтствіе величины дыхательнаго коэффиціента $\frac{CO_2}{O_2}$ случаю сгоранія въ тѣлѣ бѣлковъ и жира.

Нашъ же расчетъ прибавилъ къ этому слѣдующій любопытный фактъ:

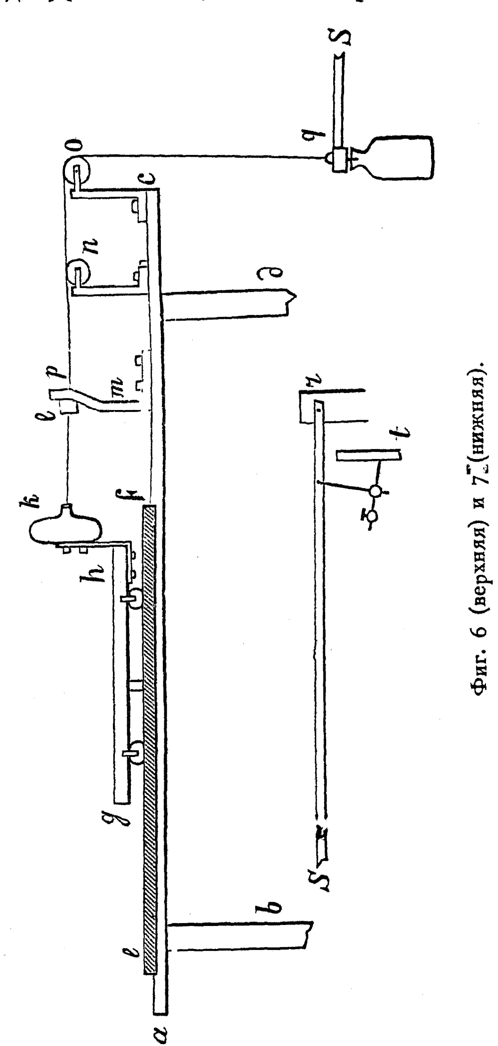
> голодающій выводитъ изъ тѣла угольной кислоты на 30% меньше нормальнаго человѣка; а напряженіе CO_2 въ воздухѣ легочныхъ пузырьковъ не измѣняется у него противъ нормы; и происходитъ это отъ того, что голоданіе, ослабляя вообще мышечную дѣятельность, ведетъ за собою значительное ослабленіе дыхательныхъ движеній, resp. пониженіе вентиляціи легкаго.

Къ вопросу о вліяніи раздраженія чувствующихъ нервовъ на мышечную работу человѣка.

(Zur Frage nach der Einwirkung sensitiver Reize auf die Muskelarbeit des Menschen. Le Physiologiste Russe. vol. III. p. 41. 1903).

1) Предлагаемое изслѣдованіе было предпринято съ намѣреніемъ изучить на человѣкѣ (на мнѣ самомъ) внѣшнія условія отдохновенія рабочихъ органовъ, утомленныхъ непрерывною дѣятельностью. При этомъ я исходилъ изъ слѣдующихъ соображеній. Непрерывная, машинообразно-правильная работа дыхательныхъ мышцъ, — какъ при покоѣ тѣла, такъ и при колебаніяхъ дыхательной дѣятельности (стоитъ лишь вспомнить крайній случай подобныхъ колебаній послѣ перерѣзки обоихъ vagi, причемъ движенія продолжаются тѣмъ не менѣе съ машинообразной правильностью), — указываетъ путь, слѣдуя которому можно было бы всего проще достичь рѣшенія поставленной задачи. Дыхательныя движенія неустанны и неутомляемость ихъ зависитъ весьма вѣроятно отъ того, что минимальное утомленіе работающаго органа, возникающее при каждомъ вдыханіи, всегда уничтожается при послѣдующей фазѣ покоя. Другими словами, для работы безъ устали необходимо совершенно опредѣленное соотношеніе между факторами работы (частотой и силой движеній, а также величиной преодолѣваемыхъ препятствій) и продолжительностью періодовъ покоя. Освѣжающее вліяніе періодовъ покоя остается для дыханія, правда, недоказаннымъ, но мы имѣемъ другой примѣръ, гдѣ значеніе этого вліянія несомнѣнно, — я разумѣю ходьбу человѣка съ грузомъ или безъ него. Здѣсь каждой значительной разницѣ въ нагрузкѣ навѣрное соотвѣтствуетъ опредѣленное измѣненіе ритма и объема движеній ногъ и вмѣстѣ съ тѣмъ измѣненіе періодовъ покоя; здѣсь, какъ и тамъ (при дыханіи), машинообразно правильное продолженіе дви-

женій совмѣстимо лишь съ соотвѣтствующими измѣненіями всѣхъ факторовъ работы; здѣсь, наконецъ, какъ и тамъ, машинообразно правильное продолженіе движеній возможно лишь при автоматичности послѣднихъ. Къ сожалѣнію, ходьба является столь же неподходящей для предположеннаго изслѣдованія, какъ и дыхательныя движенія. Очевидно, что это изслѣдованіе возможно лишь на какой-либо опредѣленной, значительно меньшей группѣ мышцъ, которая позволяла бы прямую графическую регистрацію своей работы и была бы способна на работу, длящуюся часами, столь же правильную какъ работа дыханія или ходьбы, и притомъ при различныхъ нагрузкахъ.



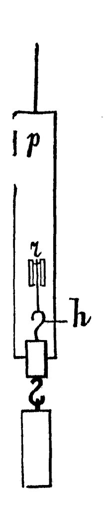
Фиг. 6 (верхняя) и 7 (нижняя).

Наиболѣе подходящими къ дыхательнымъ движеніямъ оказались пилящія движенія руки при сидячемъ положеніи тѣла, такъ какъ они очень близки къ дыхательнымъ движеніямъ по ритму и удовлетворяютъ всѣмъ остальнымъ вышеуказаннымъ условіямъ.

Прежде всего опишемъ употреблявшійся нами графическій методъ.

2) На прилагаемыхъ схематическихъ рисункахъ изображены всѣ существенныя части аппарата. На верхней доскѣ ас (фиг. 6)

привинченнаго къ тяжелому столу станка (ab cd) помѣщены два рельса (fe), между которыми сдѣлана длинная вырѣзка для направляющаго штифта катающейся между рельсами взадъ и впередъ жолобоватой платформы gh, на которую кладется предплечье работающей руки. Этимъ приспособленіемъ обезпечивается неизмѣнное направленіе движенія, а также неизмѣнное дѣйствіе одной и той-же группы мышцъ. Привинченная къ платформѣ ручка k переходитъ въ желѣзный стержень kl съ насаженнымъ на него поперечнымъ стерженькомъ l, составляющимъ вмѣстѣ съ двойной крѣпкой скобой m останавливающее приспособленіе. Шнуръ pq, привязанный къ l и перекинутый черезъ блоки *n* и *o*, передаетъ движеніе платформы или, что все равно, движеніе руки рычагу qSr, въ 120 cm. длиной, нагружаемому разными тяжестями. Рычагъ движется въ вертикальной плоскости и переноситъ свои движенія въ уменьшенномъ масштабѣ (фиг. 7) на закопченную стеклянную пластинку t, въ 40 cm. длиной. Оправа, въ которую послѣдняя вставлена, помѣщена на двигающейся между рельсами платформѣ, устроенной такъ же, какъ платформа, назначенная для предплечья. Такъ какъ, далѣе, мнѣ необходимо было опредѣлять среднюю высоту подъемовъ, записываемыхъ въ теченіе часовъ, поэтому движеніе пластинки приходилось дѣлать возможно медленнымъ, но все же такимъ, чтобы ни одинъ подъемъ не пропадалъ. Этого я достигъ слѣдующимъ образомъ. Если въ простыхъ стѣнныхъ часахъ съ спускающимся грузомъ укорачивать маятникъ, не мѣняя самаго груза, то получится все болѣе быстрое, но довольно равномѣрное спусканіе послѣдняго; эту вертикальную тягу легко превратить въ горизонтальную. На фиг. 8 схематически изображенъ нижній конецъ часовой цѣпи съ грузомъ, при наивысшемъ положеніи послѣдняго. r есть блокъ, измѣняющій направленіе тяги; онъ, очевидно, долженъ быть настолько вставленъ во внутрь сдѣланнаго изъ крѣпкой проволоки четырехъугольника, чтобы нить отъ крючка h, перекинутая черезъ него, оставалась постоянно вертикальной при спускѣ груза; тогда тяга въ теченіе часовъ остается неизмѣнной. Разстояніе между



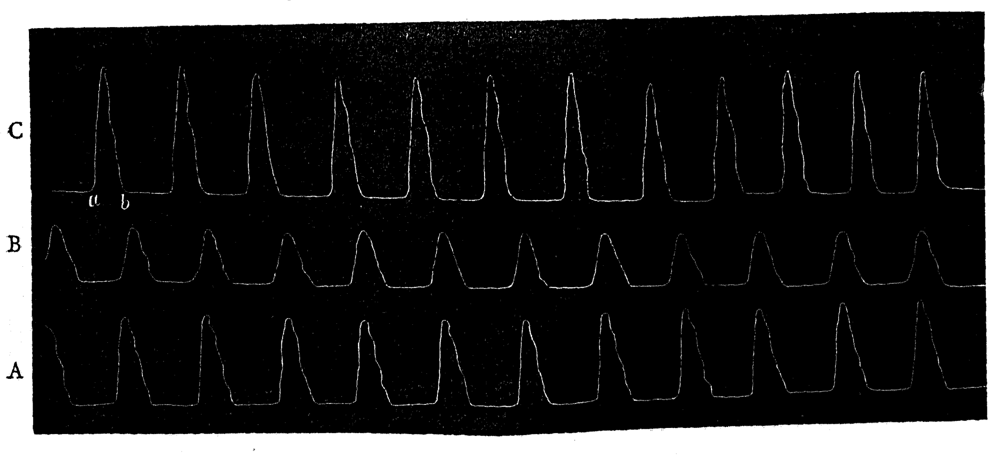
Фиг. 8.

r и p должно соотвѣтствовать длинѣ стеклянной пластинки. Моя стеклянная пластинка передвигалась приблизительно на 2 cm въ 5'; а такъ какъ я обыкновенно производилъ 20 подъемовъ въ минуту, то на 1 mm. приходилось 5 укороченій (подъемовъ) и столько же удлиненій. Сначала аппаратъ былъ построенъ для движеній только одной руки; впослѣдствіи выяснилась необходимость приспособить его для обѣихъ рукъ; теперь міографъ состоитъ (фиг. 9) изъ двухъ половинъ, устроенныхъ вышеописаннымъ образомъ (съ двумя отдѣльными рычагами и одной общей стеклянной пластинкой) и сходящихся кпереди подъ острымъ угломъ (приблизительно въ 30%)—послѣднее потому, что избранныя для опыта пилящія движенія у меня легче всего происходятъ подъ угломъ 75° къ фронтальной плоскости тѣла. Въ A помѣщено сидѣнье для экспериментатора.

Фиг. 9.

3) *Предварительные опыты.* Мнѣ предстояла непрерывная, продолжающаяся часами работа при различной нагрузкѣ, а потому я былъ принужденъ взять для опытовъ сравнительно небольшія тяжести; съ другой стороны, сила и скорость мышечныхъ сокращеній должны были оставаться постоянными, какъ при каждомъ отдѣльномъ опытѣ, такъ и при нѣсколькихъ сравниваемыхъ между собой, а потому я съ самаго начала при выборѣ формы движенія натолкнулся на слѣдующее затрудненіе. Введенный *Mosso* въ эргографію способъ намѣренно максимальной тяги, при относительно (въ сравненіи съ примѣненной мускульной силой) тяжелой нагрузкѣ, въ нашемъ случаѣ не годился, такъ какъ намъ надо было работать съ сравнительно малыми тяжестями, и такъ какъ очень трудно и утомительно удерживать, такъ сказать, въ сознаніи каждое отдѣльное движеніе, когда ихъ надо совершать тысячи. Съ другой стороны, нельзя было предсказать, что избранныя пилящія движенія руки окажутся такими же автоматическими и правильными, какъ движенія при ходьбѣ. Во всякомъ случаѣ, мнѣ приходилось учиться этимъ движеніямъ. Къ счастью, обученье это оказалось не такимъ труднымъ, какъ я сначала думалъ. Стоитъ только при попыткахъ этого рода прислушиваться къ ударамъ метронома, счи-

тая ихъ и пытаясь приспособить къ нимъ движенія руки, такъ чтобы начало и конецъ каждаго двойного движенія (туда и назадъ) совпадало съ этими ударами,—и этотъ простой акустико-двигательный рядъ можно изучить гораздо быстрѣе, чѣмъ выучить наизусть пѣсню или басню; а разъ это достигнуто, то по міограммѣ видно, что, при прочихъ равныхъ условіяхъ, подъемы, при одинаковой высотѣ, одинаково круто (т.-е. съ одной скоростью) идутъ вверхъ и промежутки покоя тоже приблизительно равны между собою. Это и легко понять, если подумать о томъ, съ какой быстротою и точностью въ оркестрѣ, при разыгрываніи



Фиг. 10.

хорошо изученной пьесы, движенія рукъ, напр. скрипачей, слѣдуютъ за движеніями руки дирижера.

Привожу въ примѣръ 3 прилагаемыхъ міограммы (фиг. 10) одного опыта, въ которомъ движенія моей руки записывались на вертящемся барабанѣ (притомъ такъ, что я не могъ видѣть записи) въ три различныхъ періода работы, именно до наступленія утомленія (A), послѣ наступленія послѣдняго (B) и къ тому времени, когда автоматическія движенія были усилены раздраженіемъ чувствующихъ нервовъ (C) (объ этомъ см. дальше). Во всѣхъ трехъ случаяхъ (какъ и во всѣхъ описанныхъ дальше опытахъ) удлиненія руки непосредственно слѣдуютъ за ея укороченіемъ (какъ вдыханіе и выдыханіе при дыхательныхъ движеніяхъ), и притомъ такъ, что начало каждаго укороченія и ко-

нецъ каждаго удлиненія совпадаютъ съ двумя слѣдующими другъ за другомъ ударами; поэтому разстояніе ab, а также періоды покоя, всюду равны между собою. Далѣе видно (при B), что утомленіе связано съ значительнымъ пониженіемъ движеній. Странно, что это измѣненіе ощущается, какъ ускореніе темпа ударовъ.

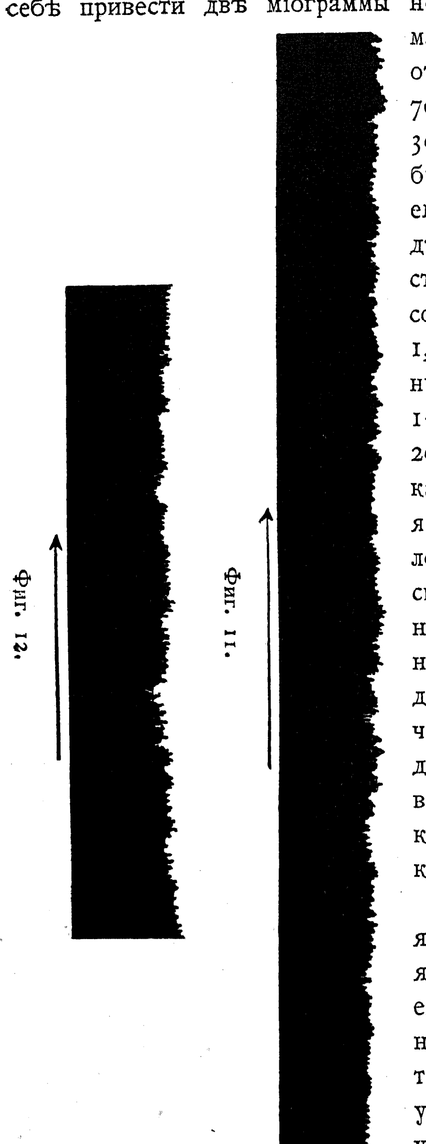
Послѣ того, какъ я пріобрѣлъ вышеупомянутое искусство, надо было еще найти наиболѣе выгодныя условія ритма и нагрузки, при которыхъ возможна была бы непрерывная работа въ теченіе нѣсколькихъ часовъ безъ утомленія. При этомъ мной руководила аналогія съ дыхательными движеніями. Эти послѣднія при мускульной работѣ ускоряются, и по ощущенію сопровождаются едва замѣтнымъ усиліемъ. Поэтому я остановился на 20 подъемахъ въ минуту, при нагрузкѣ (около 1,4 килогр.), которая даетъ ощущеніе яснаго, но очень легкаго усилія.

4) Теперь началась самая скучная часть опыта—упражненіе въ продолжительной безпрерывной работѣ [1]), и такъ какъ я не могъ надолго превращать себя въ машину, то я рѣшилъ попутно заняться рѣшеніемъ довольно важнаго въ практическомъ отношеніи вопроса—объ относительной дѣйствительности разныхъ способовъ отдохновенія утомленныхъ мышцъ. Упражненіе дало мнѣ подъ конецъ возможность производить безъ утомленія 4-хъ часовую работу (4800 подъемовъ), побочные же опыты, именно сравненіе двухъ способовъ отдыха утомленной руки—посредствомъ временнаго прекращенія работы и посредствомъ передачи работы на столько же времени другой рукѣ,—дали совершенно неожиданный результатъ. Съ этихъ поръ моя работа, такъ сказать, раздвоилась, и я посвящалъ свое время то дальнѣйшему проведенію предположеннаго общаго плана, то использованію неожиданной находки. Въ заключеніе первое осталось неоконченнымъ, когда второе уже пришло къ концу. Все дальнѣйшее въ этой статьѣ относится уже исключительно къ неожиданной находкѣ; и если я, несмотря на это, говорилъ такъ много о прежнемъ, оставленномъ въ сторонѣ, планѣ и возможномъ его исполненіи, то это потому, что необходимо было описать методъ изслѣдованія, а онъ былъ основанъ на общемъ планѣ.

---

1) Иногда однообразіе движеній дѣйствовало даже какъ гипнозъ — нападалъ сонъ, причемъ высота подъемовъ значительно уменьшалась.

Однако, прежде чѣмъ перейти къ новому предмету, я позволю себѣ привести двѣ міограммы непрерывной работы безъ утомленія. Болѣе длинная (фиг. 11) относится къ работѣ въ теченіе 70′ съ нагрузкой въ 700 gr. при 30 подъемахъ въ минуту, стало быть содержитъ 2100 подъемовъ; во второй (фиг. 12) отдѣльно приведены 3 различныя стадіи вышеупомянутой 4-хъ часовой работы, при нагрузкѣ въ 1,365 kil и 20 подъемахъ въ минуту, а именно: послѣдняя 1/4 часа 1-го часа, послѣднія 3′ 3-ьяго и 20′ 4-го часа. Обѣ міограммы, какъ мнѣ кажется, достаточно ясно показываютъ отсутствіе усталости и постоянство автоматическаго движенія при неизмѣнныхъ условіяхъ—хотя и возможно, что какъ въ той, такъ и въ другой ожиданіе скораго окончанія скучной работы усиляло движенія независимо отъ моей воли: въ обоихъ случаяхъ къ концу опыта ординаты нѣсколько повышаются.



Фиг. 12.

Фиг. 11.

5) Во всѣхъ опытахъ, которые я теперь буду описывать, постоянное уменьшеніе высоты подъемовъ является доказательствомъ наступающей усталости (что подтверждается и ощущеніемъ этой усталости) и наоборотъ, каждое увеличеніе высоты, продолжающееся нѣкоторое время, есть признакъ отдохновенія. Во всѣхъ опытахъ (за тремя исключеніями) я пользовался автоматическими движеніями. Утомляющая работа

соотвѣтствовала постоянно (за двумя исключеніями) нагрузкѣ около 3,4 kil. при 20 подъемахъ въ минуту.

Вышеупомянутый опытъ съ неожиданнымъ результатомъ состоялъ въ слѣдующемъ. Сначала работала правая рука до утомленія; затѣмъ слѣдовалъ періодъ отдыха въ 5′ (т.-е. перерывъ работы); затѣмъ правая рука опять работала до утомленія, послѣ чего послѣдовалъ второй періодъ отдыха для правой руки, въ теченіе котораго лѣвая рука работала 5′; затѣмъ тотчасъ начала работать правая рука въ третій разъ. Однимъ словомъ я сравнивалъ на дважды утомленной правой рукѣ результаты двухъ вліяній—простого отдыха и отдыха такой же продолжительности, связаннаго съ работой другой руки.

Когда я въ первый разъ началъ этотъ опытъ, я былъ очень удивленъ, увидавъ, что моя лѣвая рука работала значительно сильнѣе правой, хотя я не лѣвша и притомъ передъ этимъ нѣсколько мѣсяцевъ работалъ только правой рукой (правда, при слабой нагрузкѣ), а, стало быть она должна была сдѣлаться сильнѣе. Мое удивленіе возросло еще болѣе, когда выяснилось, что работа утомленной правой руки послѣ работы лѣвой стала гораздо сильнѣе, чѣмъ была послѣ перваго періода отдыха. Къ сожалѣнію, этотъ рядъ опытовъ былъ прерванъ путешествіемъ; и когда я, черезъ нѣсколько мѣсяцевъ, вернулся къ работѣ, я былъ въ другомъ положеніи относительно найденнаго мною результата: прежде не было никакой задней мысли, а теперь я приступилъ къ работѣ съ естественнымъ желаніемъ найти подтвержденіе тому, о возможной важности чего я имѣлъ достаточно времени подумать. Другими словами, я подвергался опасности, при повтореніи опыта, подпасть самовнушенію, тѣмъ болѣе, что мнѣ было извѣстно, что усталость, происходящая отъ продолжительнаго подниманія сравнительно легкихъ грузовъ, нисколько не исключаетъ возможности сильныхъ произвольныхъ движеній. Къ счастію, я держался крѣпко за непредвзятость перваго опыта и сталъ его повторять при каждомъ удобномъ случаѣ, потому что я скоро замѣтилъ два обстоятельства, увѣрившія меня, что я имѣю дѣло не съ самообманомъ. Если продолжать автоматическія движенія до ясно выраженнаго чувства усталости въ рукѣ (для чего мнѣ было достаточно 30′ непрерывной работы), при чемъ ощущается какъ бы усиленіе сопротивле-

нія и замедленіе движеній, то это состояніе не проходитъ даже черезъ 10′ отдыха, какъ это доказываютъ слѣдующія затѣмъ движенія руки. Если же періодъ отдыха продолжается даже вдвое меньше, но при работѣ другой руки, то чувство усталости исчезаетъ на нѣсколько секундъ совершенно, и въ теченіе этихъ секундъ рука работаетъ съ новой силой. Впрочемъ, это состояніе повышенной работоспособности продолжается не болѣе 1′, а затѣмъ опять падаетъ тѣмъ быстрѣе, чѣмъ больше было предшествовавшее утомленіе. Еще доказательнѣе для измѣненія состоянія утомленнаго органа (предшествующей работой другой руки) является второе изъ помянутыхъ обстоятельствъ, такъ какъ его очевидно нельзя было предвидѣть — я подразумѣваю невольное стремленіе, вмѣстѣ съ воспослѣдовавшимъ ростомъ подъемовъ, ускорять темпъ движеній—фактъ, на которомъ я себя нѣсколько разъ ловилъ, хотя не ожидалъ его заранѣе.

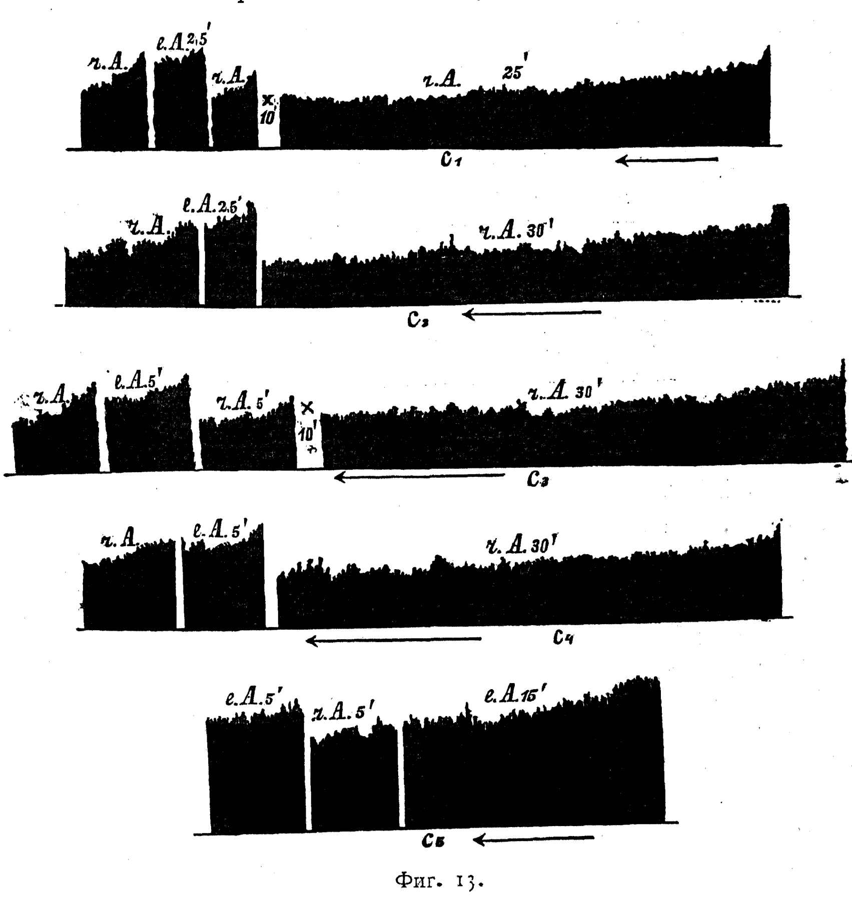
Какъ примѣръ, привожу 5 міограммъ (фиг. 13), изъ которыхъ 2 первыхъ пары (C_1 и C_2, C_3 и C_4) показываютъ дѣйствіе на утомленную правую руку простого отдыха и отдыха, соединеннаго съ работой лѣвой руки; міограмма C_5 показываетъ соотвѣтственное дѣйствіе работы правой руки на работу утомленной лѣвой.

Знаки r. A, l. A и ╳ означаютъ здѣсь, какъ и всюду дальше: работа правой руки, работа лѣвой руки и отдыхъ. Продолжительность работы и отдыха здѣсь, какъ и всюду дальше, указана въ минутахъ.

Я нарочно привелъ двѣ первыя пары міограммъ, полученныя въ разные дни, какъ примѣръ указаннаго вліянія, такъ какъ онѣ (также попарно) представляютъ поразительное сходство въ ходѣ постепенно появляющагося утомленія правой руки. Возможно ли получить нарочно двѣ такихъ картины, въ особенности не видя, чтó штифтъ пишетъ на пластинкѣ? Эти изображенія являются доказательствомъ того, что автоматическая работа и при усталости остается такой же машинно-равномѣрной. Міограмма C_5 показываетъ, насколько сильнѣе работала моя лѣвая рука сравнительно съ правой.

Послѣ того, какъ я вышеуказаннымъ, правда, чисто-субъективнымъ способомъ убѣдился въ правильности своего наблюденія, дальнѣйшій путь веденія опыта былъ ясенъ самъ собой. Причи-

ной временнаго приращенія работоспособности утомленной руки могли быть только сопровождающія движеніе другой руки ощущенія, или, иначе сказать, раздраженія нервной системы; поэтому при дальнѣйшихъ опытахъ надо было прежде всего замѣнить это вліяніе однородными вліяніями, исходящими изъ другихъ

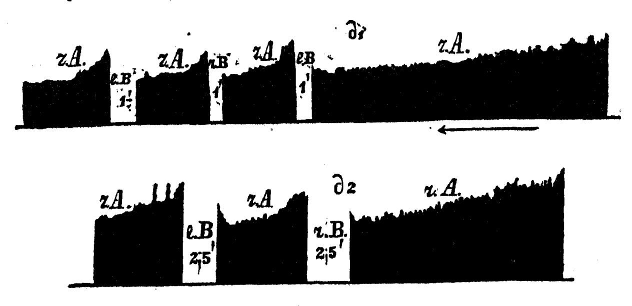


Фиг. 13.

частей тѣла, а затѣмъ испытать всѣ возможные способы раздраженія нервной системы. Изъ первыхъ я выбралъ работу ногъ, изъ необозримаго множества послѣднихъ тетанизацію руки.

При ножной работѣ я имѣлъ въ виду не только дальнѣйшее доказательство уже найденнаго по другому способу, но и возможность узнать нѣтъ ли чего-нибудь специфическаго въ пере-

ходѣ возбужденія съ одной стороны тѣла на другую. Работа обѣихъ ногъ при подъемѣ тяжести состояла или въ разгибаніи ихъ въ колѣнѣ при сидячемъ положеніи тѣла, или въ сгибаніи ихъ въ тазобедренномъ суставѣ. Разумѣется, эти движенія производились во время періодовъ отдыха утомленной (правой) руки; регистрировать ихъ, къ сожалѣнію, нельзя было, а потому время этой работы на приводимыхъ міограммахъ ∂_1 и ∂_2 (фиг. 14) падаетъ на пустые промежутки, съ обозначеніемъ r. B (правая



Фиг. 14.

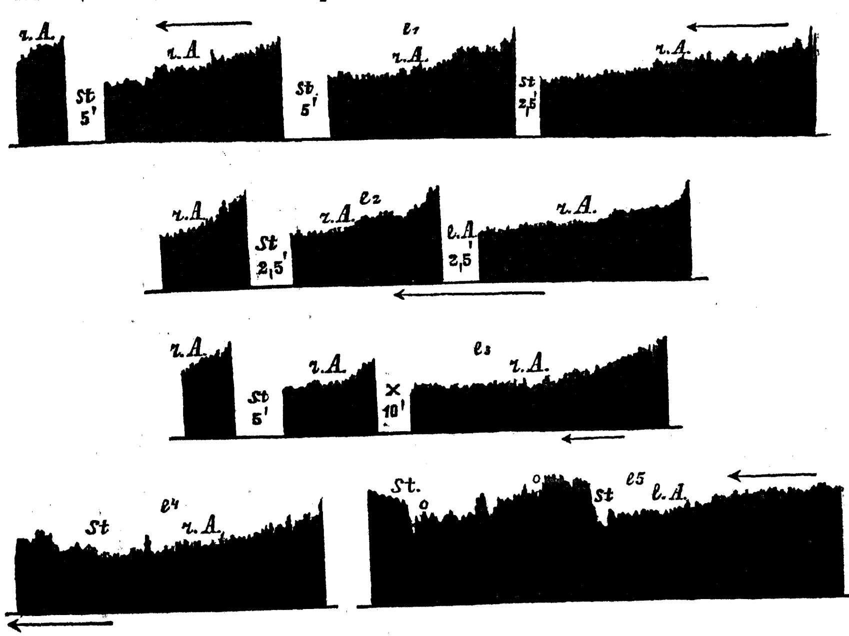
нога) и l. B (лѣвая нога). Міограмма ∂_1 соотвѣтствуетъ работѣ, произведенной разгибаніемъ голени, а другая—работѣ, произведенной сгибаніемъ бедра.

Изъ этихъ міограммъ ясно, что работоспособность усталой руки повышается и работой ногъ (и вообще, какъ я убѣдился, всякимъ сильнымъ движеніемъ тѣла). Положеніе же мѣста возбужденія на одной и той же или на противоположной сторонѣ тѣла не оказываетъ, повидимому, никакого вліянія; то же самое относится и къ опытамъ съ тетанизаціей, къ которымъ я теперь перехожу.

6) Такъ какъ въ описанныхъ опытахъ утомляющая работа падала большею частью на правую руку, а уничтожающая утомленіе на лѣвую, то и тетанизацію я приложилъ слѣва, а именно, къ лѣвой кисти руки; при этомъ однимъ электродомъ служила ручка лѣвой платформы (для предплечья), захватываемая кистью, а другой электродъ, въ видѣ металлическаго браслета, охватывалъ нижній конецъ предплечья. Токъ не долженъ былъ возбуждать мышечныхъ сокращеній и усиливался только до полученія въ рукѣ ощущенія дрожанія.

Мнѣ надо было: 1) изучить дѣйствіе тетанизаціи само по себѣ, т.-е безъ сравненія съ другими способами возбужденія нервной системы; 2) и 3) сравнить дѣйствіе тока съ дѣйствіемъ возбуждающей работы руки resp. съ дѣйствіемъ полнаго покоя; 4) испытать дѣйствіе тока, одновременнаго съ продолжающейся работой уставшей руки.

Въ относящихся сюда міограммахъ e_1, e_2 и e_3 (фиг. 15) тетанизація падаетъ на періоды отдыха уставшей руки, т.-е. на



Фиг. 15.

пустые промежутки со знакомъ *st*, при чемъ продолжительность тетанизированія указана въ минутахъ. Въ міограммахъ e_4 и e_5 (фиг. 15) тотъ же знакъ *st* означаетъ начало тетанизаціи, а промежутокъ между *o* и *o* въ e_5 соотвѣтствуетъ прекращенію раздраженія.

Результаты этихъ опытовъ можно резюмировать такъ:

1) раздраженіе чувствительныхъ нервовъ, сопровождающее тетанизацію, усиливаетъ работоспособность утомленной руки (міограмма e_1);

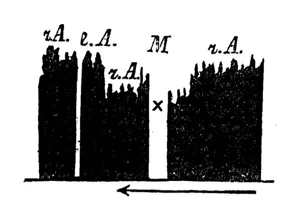
2) это вліяніе, повидимому, подобно дѣйствію ощущеній, сопровождающихъ движенія членовъ (міограмма e_2);

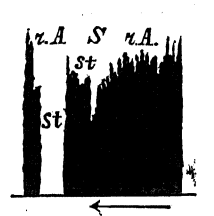
3) тетанизація, подобно послѣднимъ, дѣйствуетъ гораздо сильнѣе простого отдыха (міограмма e_3); наконецъ,

4) усиленіе производится и токомъ, дѣйствующимъ одновременно съ работой усталой руки (міогр. e_4 и e_5).

Въ заключеніе привожу два опыта, ясно доказывающіе оба главныхъ результата всего изслѣдованія (вліяніе возбужденія чувствительныхъ нервовъ, сопровождающаго работу членовъ, и эффектъ электрическаго раздраженія).

Если наблюдаемое въ описанныхъ случаяхъ повышеніе работоспособности происходитъ также при работѣ съ такими большими тяжестями, которыя требуютъ максимальныхъ произвольныхъ уси-





Фиг. 16.

лій и доводятъ усталость до полнаго изнеможенія, то фактъ является доказаннымъ.

Эти опыты были произведены съ правой рукой очень сильнаго молодого мужчины и дали нижеслѣдующія міограммы M и S (фиг. 16).

Въ M изнеможеніе правой руки, т.-е. невозможность продолжать подъемы, наступила послѣ 83 подъемовъ; затѣмъ по порядку слѣдовали: отдыхъ около двухъ минутъ; опять работа (правой руки) до изнеможенія; возстановляющая работа лѣвой руки, продолжавшаяся столько же времени, какъ и отдыхъ; наконецъ работа отдохнувшей правой руки.

Въ S электрическое возбужденіе (лѣвой руки) началось въ моментъ наступившаго изнеможенія, и тотчасъ движенія усилились (подъ первымъ знакомъ St); затѣмъ работа правой руки была минуты на двѣ прекращена, а возбужденіе продолжено (значекъ St въ пустомъ промежуткѣ); послѣ этого отдыха подъемы достигли максимальнаго уровня, котораго они достигали при началѣ опыта.

Правда, результаты моихъ опытовъ были извѣстны лицу, производившему этотъ опытъ; но такъ какъ ему при этомъ все время приходилось дѣлать наибольшія усилія, то ясно, что не могло быть и рѣчи о самовнушеніи.

Я могъ бы, конечно, разнообразить до крайности опыты съ электрическимъ раздраженіемъ (по отношенію къ роду, силѣ и продолжительности раздраженія, а также по отношенію къ величинѣ нагрузки, къ роду работы и т. д.); но я пока довольствуюсь общимъ обзоромъ явленій, такъ какъ уже онъ даетъ возможность привести послѣднія къ общей точкѣ зрѣнія, а именно:

a) послѣдѣйствіе раздраженій чувствительныхъ нервовъ, когда эти раздраженія дѣйствуютъ на нервную систему во время отдыха утомленнаго органа;

b) воздѣйствіе тѣхъ же (электрическихъ) возбудителей во время работы утомленнаго органа и

c) происходящее при этомъ исчезновеніе чувства усталости.

ad a). Если исходить изъ опытовъ, въ которыхъ раздраженія дѣйствуютъ во время покоя утомленнаго органа, но ничѣмъ не выражаются, пока органъ остается недѣятельнымъ, то невольно приходишь (относительно 1-го пункта) къ заключенію, что дѣйствіе состоитъ въ заряженіи энергіей нервныхъ центровъ; и это пониманіе фактовъ, повидимому, совершенно умѣстно, такъ какъ оно, по своей общности, не предполагаетъ ничего опредѣленнаго относительно происходящаго процесса (о которомъ мы и дѣйствительно ничего опредѣленнаго не знаемъ: усиливаютъ ли приходящіе извнѣ раздраженія тѣ импульсы, которые дѣйствуютъ на двигательные центры, или, можетъ быть, они повышаютъ раздражимость этихъ центровъ), и постольку мы въ правѣ разсматривать упоминаемый работающій органъ какъ машину.

ad b). Та же точка зрѣнія можетъ быть распространена и на тѣ случаи (пунктъ b), въ которыхъ искусственное (электрическое) возбужденіе нервной системы происходитъ одновременно съ работой органа; тогда его дѣйствіе состоитъ въ повышеніи траты энергіи утомленнаго органа, что было бы невозможно безъ притока энергіи извнѣ.

ad c). У человѣка изъ ежедневнаго опыта извѣстны два состоянія нервной системы, обозначаемыхъ названіями *приподнятаго*

и *подавленнаго настроенія* и выражающихся между прочимъ живостью или медленностью движеній. Очевидно, можно разсматривать эти состоянія, вмѣстѣ съ сопровождающими ихъ ощущеніями, какъ признаки увеличеннаго или уменьшеннаго запаса энергіи въ центральной нервной системѣ — первое потому, что приподнятое настроеніе часто причиняется внѣшними вліяніями на нервную систему, а послѣднее потому, что чувство усталости, сопровождающее подавленное настроеніе, имѣетъ много общаго съ тѣмъ, которое сопровождаетъ утомительныя работы. Если принять эту послѣднюю аналогію за вѣроятную, то становится яснымъ, съ одной стороны, чувство усталости, какъ знакъ пониженнаго запаса энергіи, а съ другой исчезновеніе этого чувства вслѣдствіе повышенія работоспособности, resp. увеличенія запаса энергіи въ центральной нервной системѣ ощущеніями, притекающими къ ней по чувствующимъ нервамъ. Вспомнимъ, для большаго убѣжденія въ вѣроятности только что сказаннаго, о дѣйствіи музыки на уставшихъ отъ маршировки солдатъ, или о бодрящемъ и оживляющемъ дѣйствіи пѣнія при работѣ.

Такимъ образомъ, главные результаты изслѣдованія оказалось возможнымъ объяснить съ одной и той же точки зрѣнія, а именно съ помощью понятія: *заряженіе энергіей нервныхъ центровъ.*

Въ пользу этого объясненія можно, въ заключеніе, привести еще слѣдующее.

7) Уже давно мною опытнымъ путемъ доказаны на лягушкѣ слѣдующіе факты:

α) способность нервныхъ центровъ суммировать чувствительныя, по одиночкѣ недѣйствительныя раздраженія (индукціонные удары, приложенные къ сѣдалищному нерву) до импульса, дающаго движеніе, если только эти раздраженія достаточно часто слѣдуютъ другъ за другомъ [1]);

β) сильная тетанизація чувствительныхъ нервовъ даетъ сильныя двигательныя послѣдѣйствія, состоящія въ слѣдующемъ: пока сильная тетанизація продолжается, движенія угнетены, а какъ только раздраженіе прекращается, движенія проявляются въ усиленной степени [2]) и

---

[1]) Ueb. d. electr. и chem. Reiz. d. sens. Nerv. u. s. w. Graz., 1868.

[2]) Тамъ же.

γ) соотвѣтственный рядъ явленій замѣчается на продолговатомъ мозгѣ лягушки, а именно: сильное раздраженіе нерва подавляетъ гальваническіе знаки возникающихъ, отъ времени до времени, произвольно въ продолговатомъ мозгу двигательныхъ импульсовъ, а по прекращеніи раздраженія эти послѣдніе вновь появляются въ болѣе сильной степени [1]).

Первый изъ этихъ фактовъ прямо доказывалъ способность нервной системы заряжаться энергіей, какъ ни объясняй это явленіе, такъ какъ существененъ только тотъ фактъ, что нервные центры играютъ роль аккумуляторовъ для поступающихъ въ нихъ раздраженій.

Два послѣднихъ факта говорятъ въ томъ же смыслѣ, такъ какъ они могутъ означать только слѣдующее: если раздраженія, дѣйствующія на нервные центры, съ получающимися изъ нихъ импульсами не могутъ найти естественнаго выхода (въ нашихъ случаяхъ въ движеніе), то они накопляются въ нервныхъ центрахъ и выступаютъ въ усиленной степени, какъ только задержка исчезнетъ.

Ясно, что факты, приведенные подъ α и β, подобны тѣмъ, которые мнѣ надо было объяснить выше.

8) Теперь мнѣ остается еще опровергнуть одно возможное возраженіе.

Источникъ ощущенія усталости помѣщаютъ обыкновенно въ работающія мышцы; я же помѣщаю его, при вышеупомянутомъ объясненіи его исчезновенія, исключительно въ центральную нервную систему.

Для выясненія этого противорѣчія послужилъ слѣдующій опытъ:

Я работалъ рукой автоматически (т.-е. не думая объ экскурсіяхъ руки) до появленія ясно выраженнаго чувства усталости, а затѣмъ началъ обращать вниманіе на каждую отдѣльную экскурсію, стараясь дѣлать ее возможно большей. Чувство утомленія исчезло при этомъ мгновенно и не появлялось вновь во все время работы, хотя я безпрерывно работалъ такимъ способомъ въ теченіе 1 часа (1200 подъемовъ). Это звучитъ парадоксально, но можетъ быть легко объяснено. При постоянной работѣ въ одномъ ритмѣ бо-

---

1) Galv. Ersch. an. d. V. M., d. Frosch. Pfl. Arch. XXVII.

лѣе или менѣе быстрое появленіе чувства утомленія зависитъ отъ соотношенія между силой мышечныхъ тягъ и величиной преодолѣваемыхъ сопротивленій. Если послѣднія велики сравнительно съ первыми, то мышечныя сокращенія быстро уменьшаются, въ противномъ же случаѣ уменьшеніе долго остается незамѣтнымъ. Въ нашемъ опытѣ въ первой половинѣ міограммы (фиг. 17) соблюдено первое условіе, во второй—второе. Далѣе, ясно, что, такъ какъ во время обѣихъ половинъ опыта работала одна и та же группа мышцъ, то чувство усталости, если бы его источникъ былъ въ мышцѣ, должно было бы скорѣе развиться во второй половинѣ опыта, чѣмъ въ первой, такъ какъ работа въ это время продолжалась гораздо дольше и была интенсивнѣй. Но мы видимъ какъ разъ обратное; значитъ, какъ въ этомъ опытѣ, такъ и въ остальныхъ ему подобныхъ (т.-е. въ опытахъ съ автоматическими движеніями), источникъ чувства утомленія былъ не въ мышцахъ, а въ процессхъ, происходящихъ внутри нервныхъ центровъ. Я этимъ, однако, не хочу сказать, чтобы мышцы вообще не участвовали въ возникновеніи этого чувства. При тяжелыхъ работахъ ихъ участіе несомнѣнно; сказанное относится только къ описаннымъ въ этомъ изслѣдованіи легкимъ работамъ. Вышеописаннымъ опытомъ я также воспользовался для того, чтобы опредѣлить, происходитъ ли и при новыхъ условіяхъ возрастаніе работоспособности работавшей руки отъ перенесенія работы на другую руку. Два послѣднихъ ряда повышенныхъ ординатъ съ обычными знаками l. А и г. А дали на этотъ вопросъ утвердительный отвѣтъ. Впрочемъ, опытъ въ этой формѣ я произвелъ только одинъ разъ.

Въ заключеніе позволю себѣ еще слѣдующее замѣчаніе. Электрическое раздраженіе нервовъ и мускуловъ потому было такъ плодотворно для

Фиг. 17.

изученія явленій, что это раздраженіе можно было дѣлать постояннымъ при любой силѣ его, т. е. можно было работать при какихъ угодно постоянныхъ условіяхъ. А потому, если бы когда-нибудь пришло время для міографическаго изученія двигательныхъ результатовъ естественныхъ раздражителей на человѣкѣ, то я думаю, что соотвѣтственныхъ услугъ можно ожидать скорѣе отъ автоматическихъ, чѣмъ отъ произвольныхъ движеній, такъ какъ послѣднія могутъ оставаться постоянными только при максимальныхъ волевыхъ импульсахъ, и при этихъ условіяхъ бываютъ менѣе чувствительны къ внѣшнимъ вліяніямъ, чѣмъ болѣе слабыя автоматическія движенія.

